

Interreg



Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj



STROJÍRENSTVÍ

Úvod do technologií strojního inženýrství



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Úvod do strojírenské technologie.....	3
1.1. Strojírenská technologie I	3
1.2. Příprava a organizace výroby	4
1.3. Organizační struktury podniku.....	4
2. Kompozitní materiály	7
2.1. Synergismus.....	7
2.2. Polymerní kompozitní materiály.....	8
2.3. Možnosti uplatnění v dopravním průmyslu	9
2.4. Formy	11
2.4.1. Postup a realizace výroby formy.....	11
2.4.2. Materiály forem	12
2.5. Modely	12
3. Plastikářství	14
3.1. Polymery.....	14
3.2. Vytlačování	15
3.3. Lisování a přetlačování	15
3.4. Vstřikování.....	16
3.5. Hydraulické stroje	18
3.6. Válcování.....	21
3.7. Vyfukování.....	21
3.8. Tvarování	22
3.9. Odlévání, namáčení, žárové a fluidní nanášení	23
4. Polotovary a předvýrobky.....	25
4.1. Slevárenství	25
4.2. Použití oceli na odlitky	28
4.3. Litiny	29
4.4. Uspořádání kuplové pece s průběhem teplot a složení spalin	29
4.5. Svařování	31
4.6. Svařování elektrickým obloukem.....	33
4.7. Tvárnění.....	34
5. Povrchové úpravy.....	37

5.1.	Druhy koroze z hlediska vnitřního mechanismu	40
5.2.	Antikorozní ochrana kovových technických materiálů	40
6.	Třískové obrábění	44
6.1.	Teorie tvoření třísky	44
6.2.	Základní tvary třísek	45
6.3.	Řezné materiály	47
6.4.	Materiály	50
6.5.	Základní pohyby, plochy při obrábění a podmínky řezání	53
6.6.	Základní plochy	54
6.7.	Soustružení	55
6.8.	Frézování	57
6.9.	Broušení	60
7.	Technologie montáže a oprav	65
7.1.	Montážní pracoviště	67
7.2.	Robotická montáž	69
7.3.	Architektura robotické montážní techniky	71
7.4.	Spájecí zařízení	75
7.5.	Opravy techniky, strojů a zařízení	78

1. ÚVOD DO STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

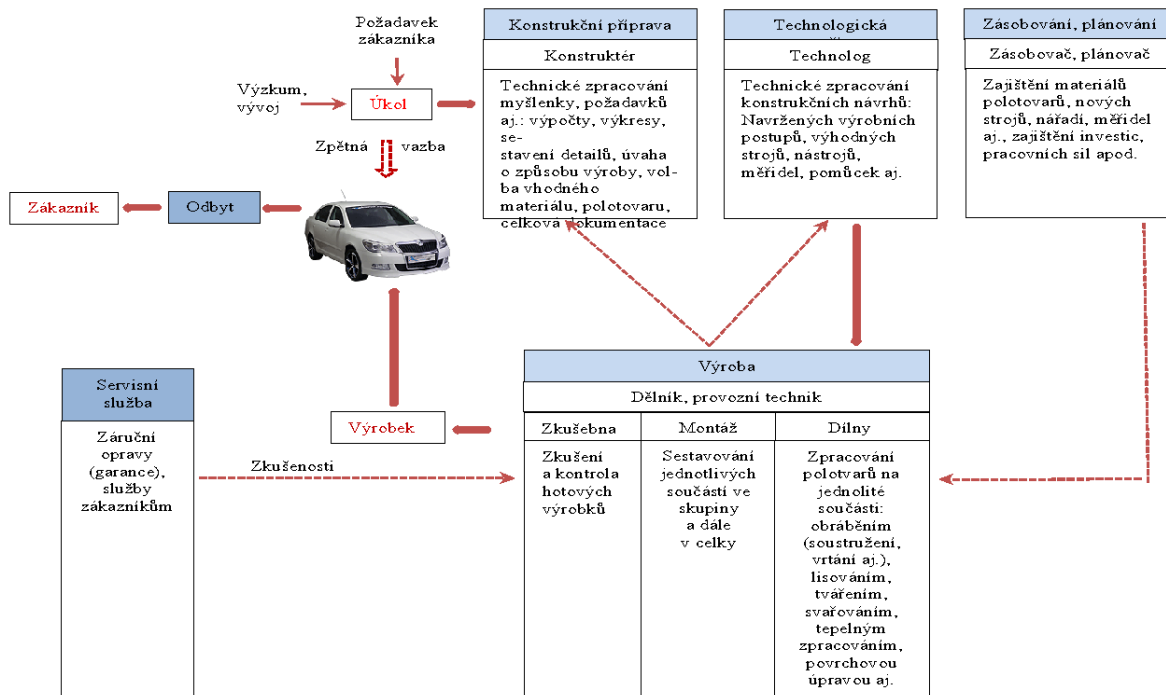
- Jednoduchá bruska se objevila v roce 1480. Její pohon byl se šlapadlem a klikou s ojnicí.
- V r. 1565 se objevil, první řezací stroj na železo a následně vrtačka (1684) na vodní pohon.
- jednotlivé stroje se zdokonalovali např. kovový soustruh se suportem, který umožňoval řezat i závity, se objevil po roce 1800.

V roce 1818 byl sestrojen S. Morthem první náskres frézovacího stroje:

I.I. Strojírenská technologie I

- je úvodním předmětem, který zabezpečuje úvodní výklad technologií používaných v strojírenství. Podrobnější seznámení se strojařskými technologiemi bude v dalších odborných předmětech zabezpečujících Katedrou strojírenství.
- **Metalurgie** se zabývá spravováním surovin na materiál a jeho vlastnostmi. Tuto část technologie dělíme na těžkou metalurgii a strojařskou metalurgii. Těžká metalurgie se zabývá výrobou železných a neželezných kovů z rudy, práškových kovů a spravováním vyrobených kovů na polotovary (plechy, tyčový materiál, drát apod.).
- **Strojařská metalurgie** se vyznačuje výrobou polotovarů odléváním, tvárněním, tepelným zpracováním (změnami vnitřní struktury materiálu jako jsou kalení, žíhání, popouštění), a nerozebíratelným spojením materiálu (svařování, pájkování).
- **Strojařská technologie** řeší technologií obrábění, montáže a povrchových úprav.
- **Technologií povrchových úprav** dosahujeme změnou vzhledu výrobku nebo vlastností povrchu.

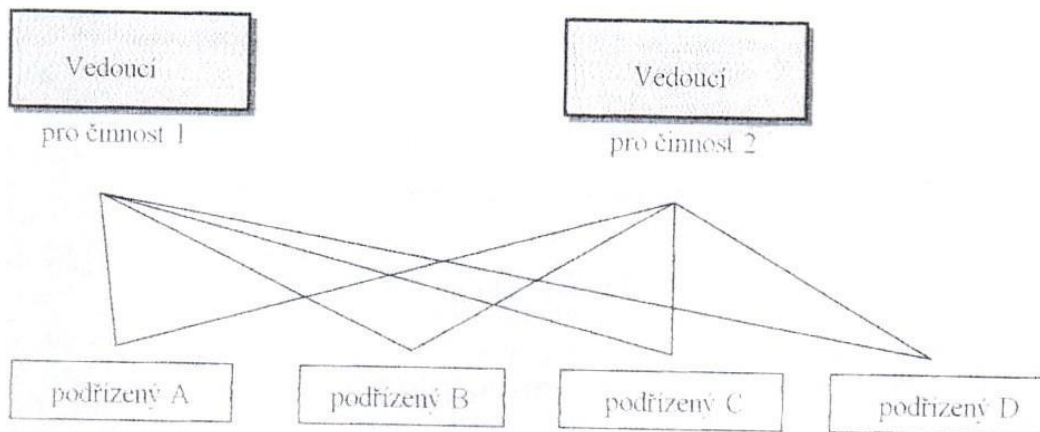
1.2. Příprava a organizace výroby



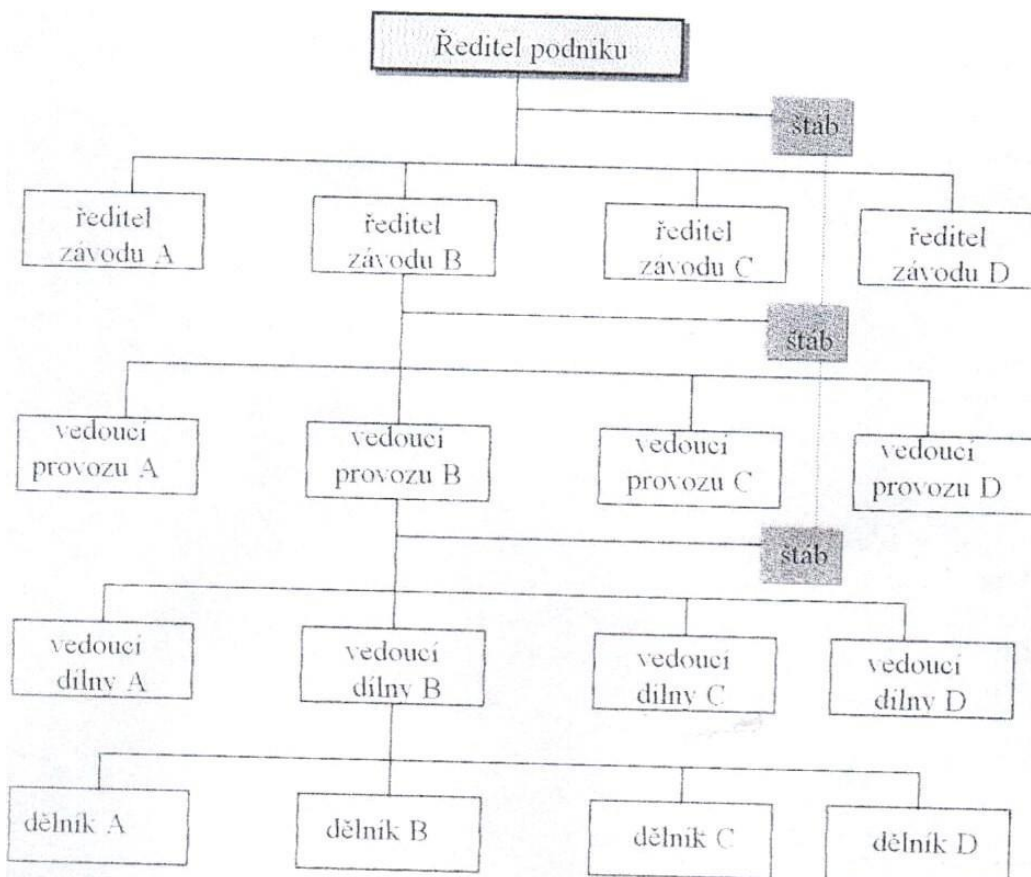
1.3. Organizační struktury podniku

- Funkční s vícenásobnou podřaděností
- Štábní
- Divizní
- Kombinovaná

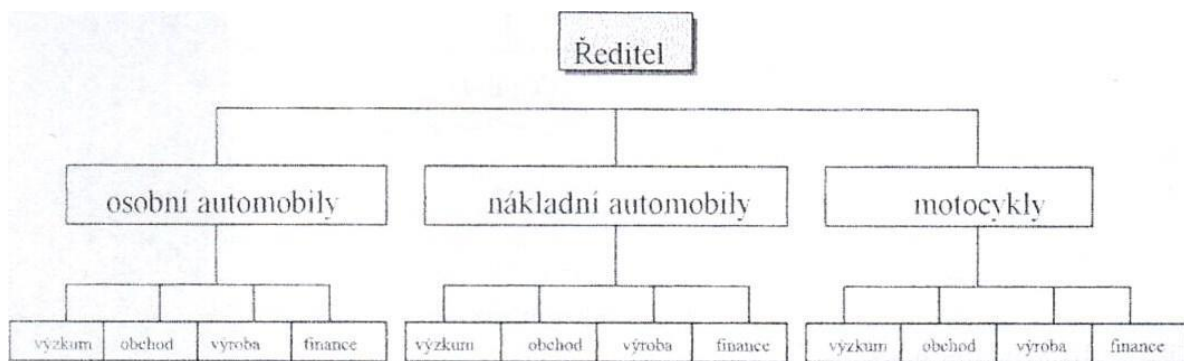
Funkční s vícenásobnou podřaděností



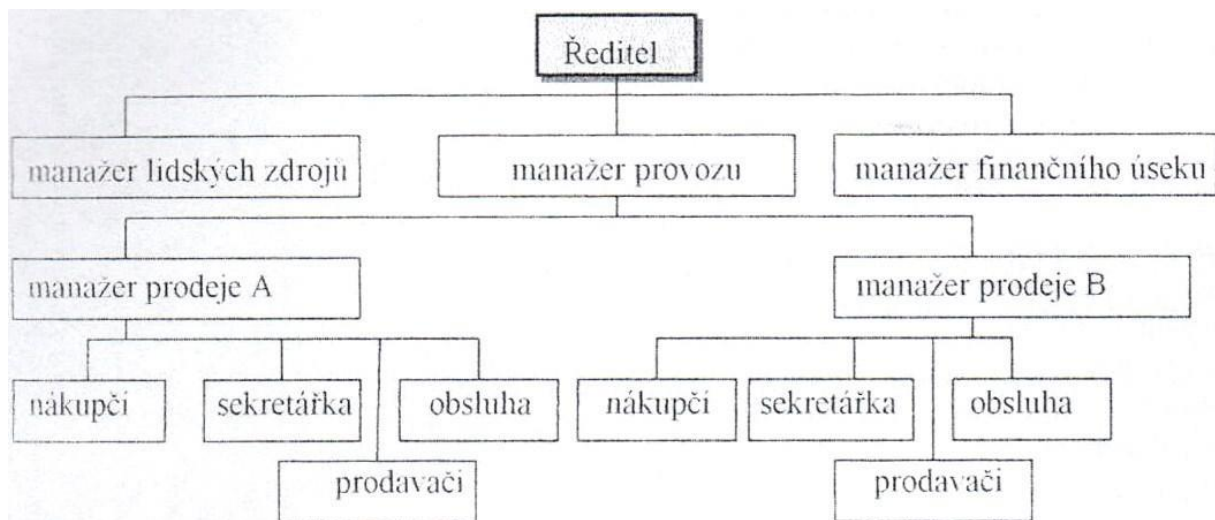
Štábní struktura



Divizionální uspořádání



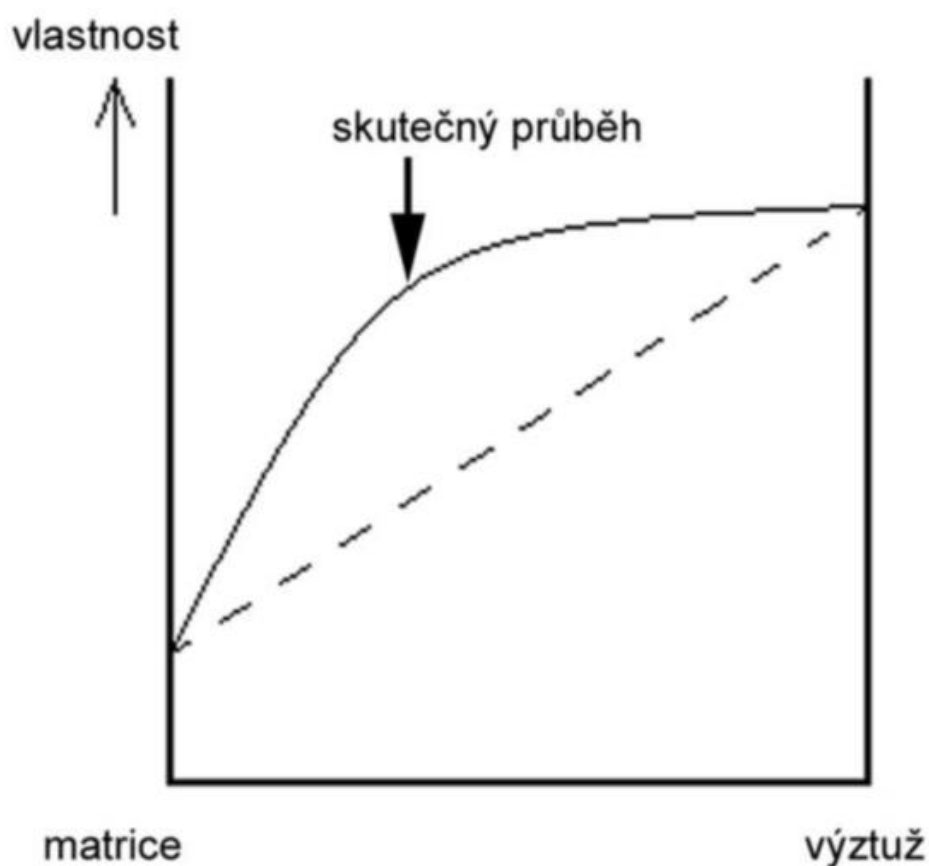
Kombinovaná struktura



2. KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

Kompozit lze definovat jako materiál, který se skládá ze dvou a více složek tvořící heterogenní materiál. Tyto složky se vzájemně liší svými mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Obecně se kompozitní materiál skládá ze spojitě a nespojitě fáze. Spojitá fáze se nazývá matrice a v kompozitní struktuře je jejím hlavním úkolem zastávat funkci pojiva. Nespojitá fáze se nazývá výztuž a v kompozitu má funkci vyztužující.

2.1. Synergismus



2.2. Polymerní kompozitní materiály

Vlastnosti kompozitních materiálů poukazují na perspektivu těchto materiálů nejen pro strojírenství, ale i ostatní odvětví. Základní vlastností kompozitního materiálu je malá hmotnost kompozitních součástí při zachování vysokých hodnot mechanických vlastností. Kompozity se mohou vyrovnat i ocelím z hlediska mechanických vlastností.

Výhody polymerních kompozitních materiálů

- Vysoká pružnost při deformaci
- Velká pevnost a tuhost, kterou lze přizpůsobit směru a druhu zatížení
- Vysoká možnost přizpůsobení každému tvaru
- Velká odolnost proti dynamickému namáhání při vysokém mechanickém tlumení
- Nízký součinitel délkové teplotní roztažnosti
- Odolnost proti stárnutí a korozi
- Velká možnost kombinovat různé druhy matrice a výztuže, vytvoření „výrobku na míru“
- Velké snížení hmotnosti proti ocelovým výrobkům.

(Carguideblog, 2013)

Nevýhody polymerních kompozitních materiálů

- Neexistuje standardizovaný kompozit z důvodu velkého množství možností kombinace matrice a výztuže
- Nelze přesně odhadnout chování kompozitního materiálu (nelze jednoduše sečíst vlastnosti jednotlivých složek)
- Složitě zkoušení materiálu (pokud je podmínkou nedestruktivní zkouška)
- Malá mez pevnosti v tahu ve směru kolmém vzhledem k orientaci vláken (trhliny, oslabené spojení vlákna a matrice)
- Složitá oprava a obrábění kompozitních materiálů po vyrobení

(Evaluationengineering, 2006)

2.3. Možnosti uplatnění v dopravním průmyslu

Kompozitní materiály v dnešní době nacházejí uplatnění téměř v každém odvětví průmyslu. V dopravním průmyslu se to týká všech způsobů dopravy, tedy automobilového, železničního, leteckého i lodního. Kosmický průmysl se sem řadí také, i když do dopravního průmyslu patří jenom okrajově.

Automobilový průmysl

V tomto dopravním odvětví se z kompozitních materiálů vyrábí například přístrojové desky, nápravy, části karosérií, nárazníky, kryty světlometů, hnací hřídele, sedadla, kokpity,...

V automobilovém průmyslu se kompozity využívají kvůli mechanickým vlastnostem a kvůli snižování hmotností jednotlivých součástí a tím pádem i celého automobilu

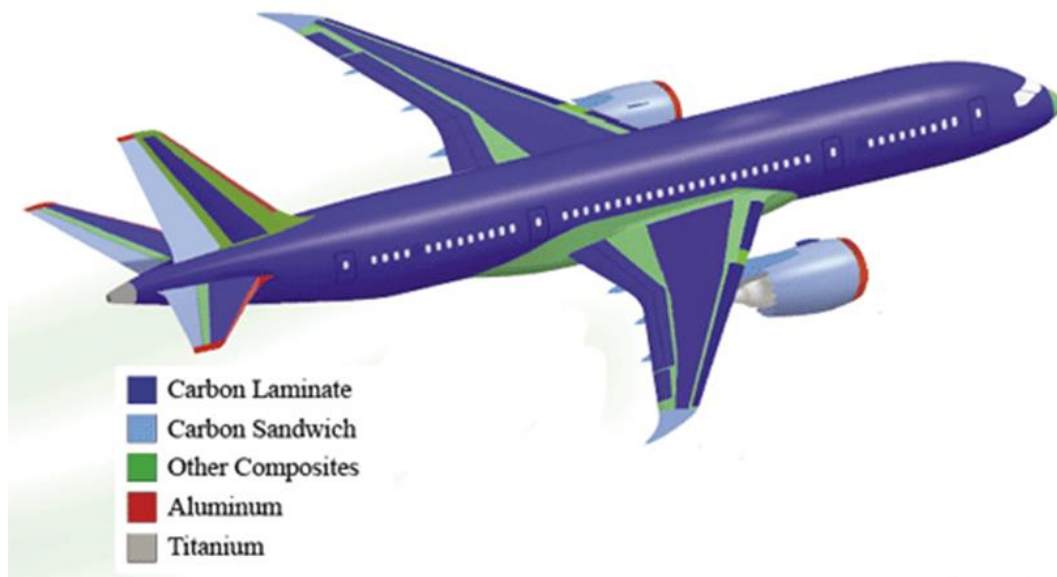
Letecký a kosmický průmysl

I v dnešní době se velké procento inovací v oblasti kompozitních materiálů používá v leteckém a kosmickém průmyslu. Je to opět z důvodu snižování hmotnosti, z čeho vyplývá snižování spotřeby paliva. Nejnovější vyvinuté kompozity se využívají ve vojenství, to znamená z největší části v letectví.

Jako příklad využití ve vojenském průmyslu je fakt, že kompozitní materiál dokáže z části pohltit radarové vlny.

V dopravním letectví se kompozitní materiály uplatňují na vrtule, křídla, radarovou techniku, trupy letadel, ale i na interiér.

Materiálové složení letadla Boeing 787 Dreamliner



Železniční doprava

Hlavním hlediskem je snižování hmotnosti (nejen samotná hmotnost, ale i snadnější manipulace) a výborné mechanické vlastnosti (vysoká tuhost a pevnost, nehořlavost, atd.). Další velkou výhodou a zároveň vlastností je malá potřeba údržby. Použití je velmi široké jak na lokomotivy, tak i na vagony. Konkrétně je to celá hrubá stavba, přední i zadní čelo, přední, zadní panel osvětlení, obložení stropů i stěn, interiérové kompozity, palubové desky, atd.

Použití kompozitních kapot na vlakové soupravě



2.4. Formy

Výroba forem se odvíjí od několika následujících kritérií:

- velikost formy, složitost a členitost geometrie,
- přesnost a kvalita povrchu, maximální limit nákladů
- požadovaná trvanlivost: počet vyrobených kusů

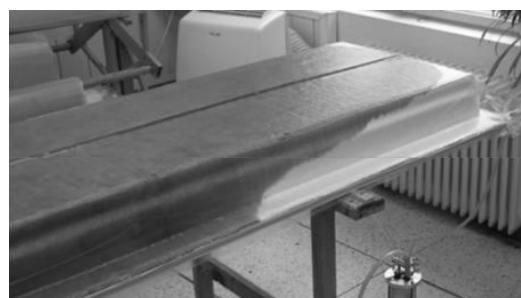
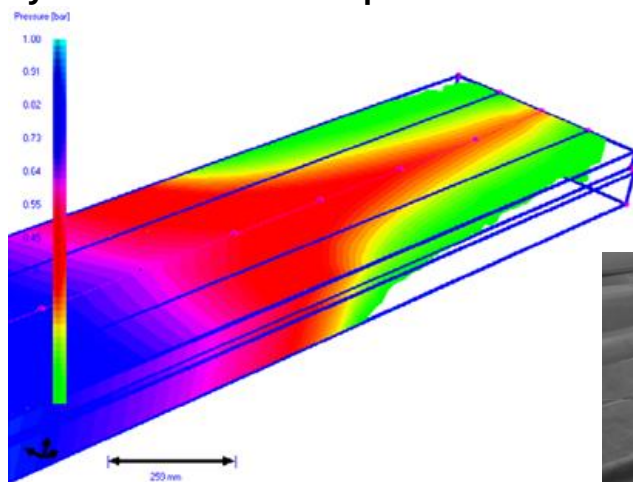
Nároky na formu zejména při ručním kladení a vakuové infuzi:

- nízká hmotnost z důvodu manipulace s formou
- rozměrová stálost při teplotách okolo 80°C ,
- mobilní provedení

2.4.I. Postup a realizace výroby formy

Zadaný budoucí výrobek se nejprve vymodeluje ve 3D a 2D softwaru. Dle požadavků se potom vytvoří model, které se následně používají pro výrobu. Následně se používá metoda konečných prvků (MKP), která se používá k optimalizaci výroby. Je verifikační metoda, kterou se ověřují mechanické vlastnosti, deformace, vnitřní napětí, stabilita, prosycování vrstvy pojiva (rychlost, čas, atd.)

Výroba silnostěnné kompozitní součásti



2.4.2. Materiály forem

- Kompozitní (laminátové)
- Kovové formy
- Ostatní materiály

Forma pro výrobu kompozitních součást



2.5. Modely

Model je nedílná součást při výrobní technologii, podle které se vyrábí jak forma, tak i hotová součást. Model má tvar negativní geometrie výsledné formy. Při navrhování je nutné počítat s rozměrovými přídávky. A to v případě, že se povrch formy bude obrábět. U modelů, podle kterých se vyrábí kompozitní formy, se povrch modelu lakuje a nanáší se separační činidlo z důvodu snadného odformování.

Model (prototyp) budoucího výrobku



Darcyho zákon pro kompozitní materiály

$$\frac{Q}{A} = - \frac{K \cdot \Delta p}{\eta \cdot L}$$

Veličina	Jednotka	Popis	Veličina	Jednotka	Popis
Q	m ³ .s ⁻¹	Objemový průtok	Δp	1	Tlakový gradient
A	m ²	Plocha průtoku	η	Pa.s	Viskozita pojivého systému
K	m ²	Permeabilita výstuže	L	m	Penetrovaná délka

Požadavky na materiály pro železniční průmysl

V současné době se kompozitní materiály stávají stále důležitějším prvkem v konstrukci. Kompozity ve velké míře pronikly do leteckého, lodního i automobilového průmyslu, ale v železničním průmyslu je míra použití kompozitů zatím nejmenší. Lze ale říct, že postupem času nacházejí a budou nacházet své uplatnění i v tomto odvětví. Hlavní překážkou pro masové rozšíření jsou počáteční vysoké náklady na návrhy, výpočty a kontroly v simulacích programech, ale také suroviny a výroba kompozitních součástí.

Materiálové požadavky

V současné době existuje 8 hlavních požadavků na materiály v železničním průmyslu:

- Hmotnost
- Mechanické vlastnosti
- Bezpečnost
- Životnost
- Údržba
- Ekologie
- Tvarové vlastnosti
- Náklady

3. PLASTIKÁŘSTVÍ

Výroba předmětů (výrobků) z polymerních materiálů má některé specifika, které je potřebné zohlednit při navrhování jednotlivých technologických postupů. Rozmanitost vlastností polymerů v závislosti od chemické povahy polymeru a jeho fyzikálního stavu vyžaduje poměrně velkou variabilitu i ve výrobních postupech, v podmínkách zpracování polymerů.

3.1. Polymery

Polymery je možné rozdělit z pohledu způsobu jejich zpracování do tří základních skupin:

- Termoplasty
- Elastomery (kaučuky)
- Reaktoplasty (předtím nazývané i termosety)

Termoplasty

Termoplasty se za běžných teplot chovají jako tuhá tělesa, ale při zvýšených teplotách procházejí do formy vysoko viskózní kapaliny (ve většině případů pseudo plastické), kterou je možné tvarovat a opětovným ochlazením fixovat její tvar. Tento proces je opakovatelný, to znamená, že polymer možno opětovným zahřátím uvést do taveniny a znovu tvarovat.

Elastomery

Elastomery vykazují za běžných teplot vysokou složku elastické deformace, ale jsou schopné téct při vysokých smykových napětích. Po vytvoření příčných vazeb mezi makromolekulami dochází k potlačení plastického toku materiálu, polymer se stává vysoko elastický, značně odolný vůči plastické deformaci. Vzniká materiál, všeobecně označovaný jako guma.

Reaktoplasty

Reaktoplasty se chovají jako termoplasty, mají velmi malou anebo takřka žádnou složku elastické deformace, obvykle se lehko tvarují už za běžných teplot, případně při mírně zvýšených teplotách, přičemž dochází po dobu tvarování i k chemické změně struktury. K stabilizaci tvaru výrobku dochází chemickou síťovací reakcí, která může být vyvolaná smíšením dvou mezi sebou reagujících složek, anebo jen vplyvem zvýšené teploty. Po proběhnutí chemické reakce se získává tuhý materiál, který nevykazuje prakticky žádnou elastickou deformaci a není možné uvést ho opětovně do plastického stavu.

3.2. Vytlačování

Vytlačování směsí je proces adiabatický – v tomto procese dochází k přeměně mechanické energie na teplo. V praxi hovoříme o sub adiabatickém (polytropním) a super adiabatickém procesu vytlačování kaučukové směsi. Při sub adiabatickém procesu se část tepla privádí z vnějšího zdroje na to, aby se směs zahřála na požadovanou teplotu potřebnou na dobré zpracování kaučukové směsi a část tepla se vytvoří přeměnou mechanické energie.

Vytlačovací stroje se rozdělují hlavně podle druhu zpracovávaného materiálu a rozdílné konstrukce vytlačovacích jednotek. Když poznáme charakteristiku materiálu a jeho vlastností můžeme vybrat vytlačovací stroj s vyhovujícím vytvářením tlaku na vytlačovaný materiál [Jahelka, 1969].

Podle způsobu vytvoření tlaku na směs rozdělujeme vytlačovací stroje na:

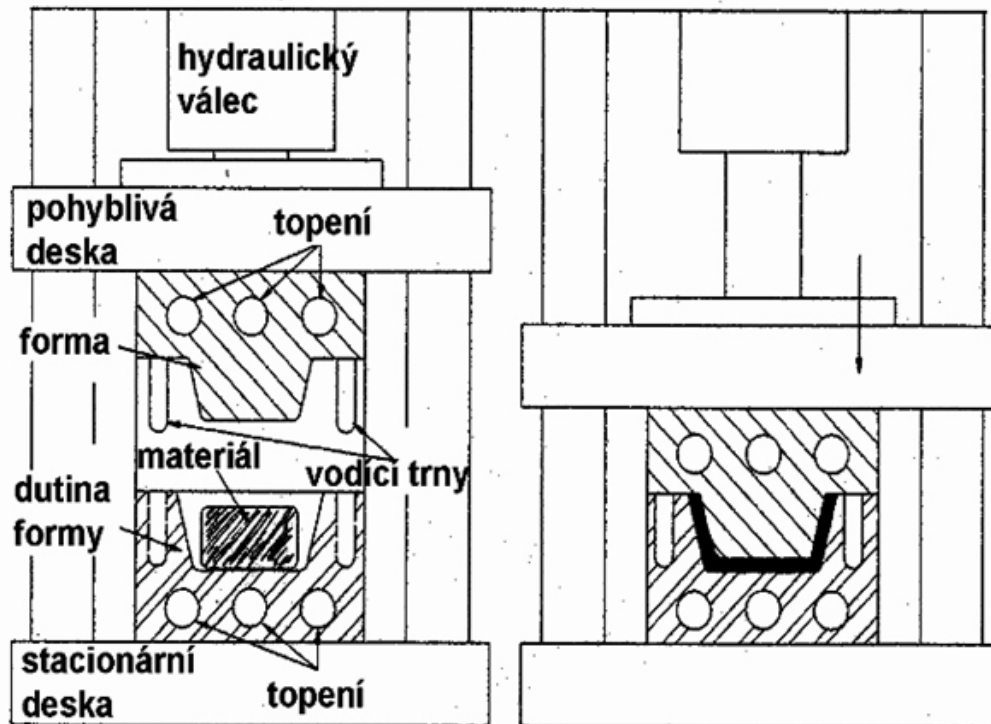
- Diskové
- Pístové
- Válcové
- Závitovkové: jednozávitovkové
- Dvoj - a více závitovkové

3.3. Lisování a přetlačování

Lisování patří mezi nejjednodušší a ekonomicky nejméně náročné technologie zpracování polymerních materiálů. Princip lisování spočívá ve formování roztaveného polymeru v dutině lisovací formy s následným fixováním tvaru výrobku. Tvarová fixace závisí od toho, jaký typ polymeru se zpracovává. Termoplasty se před vybráním z formy musí ochladit, v případě reaktoplastů a gumařských směsí musí proběhnout chemická reakce – síťování, vulkanizace.

Horizontální vstříkovací lis

Přetlačování je svým technologickým uspořádáním a charakteristikami procesu velmi blízké lisování. Rozdíl mezi lisováním a přetlačováním spočívá v konstrukci formy a z toho vyplývajícího rozdílného dávkování směsi do dutiny formy. Materiál je dávkovaný do pomocné tlakové komory, která je oddělená od dutiny formy. Zatvořením lisu se vyvíjí pístem tlak na směs, která je následně přetlačena přes dýzy do dutiny formy. Tlak potřebný na vyplnění dutiny formy je nižší, což umožňuje používat i vertikální otvíratelné formy a tím i výrobu tvarově složitějších výrobků.



3.4. Vstřikování

Princip vstřikování termoplastů spočívá tedy v jejich plastifikaci, t.j. uvedení polymeru do stavu viskózní kapaliny (taveniny) a její následného vstříknutí do chlazené uzavřené dutiny formy. Tam se materiál pod tlakem ochladí a nechá ztuhnout. Princip tvarování hmoty je totožný s lisováním jen s tím rozdílem, že tavení polymeru neprobíhá přímo ve formě a rychlost toku polymeru při zatékání do dutiny formy je podstatně vyšší jako při lisování, anebo přetlačení.

Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je zařízení, které umožňuje roztavení plastické hmoty, její homogenizaci, dále vstříknutí taveniny pod tlakem do uzavřené formy. Uzavření formy musí být zabezpečeno proti otevření silou, která je větší, jako síla vyvolaná tlakem v dutině formy.

Základní části vstřikovacích strojů jsou:

- **vstřikovací jednotka** – tvoří jí násypka, dávkovací zařízení, plastifikační a vstřikovací komora s pístem anebo závitkou, tryska, ohřev a regulace.
- **uzavírací jednotka** - tvoří jí: uzavírací mechanismus /kloub anebo píst/, přidržovací mechanismus

- **forma** – udává výrobku tvar.
- **příslušenství vstřikovacího stroje**: tvoří ho zdroj energie, temperační zařízení forem a regulační a ovládací prvky.

Horizontální vstřikovací lisy

Nejčastější konstrukce vstřikovacích lisů je horizontální konstrukce s jednou vstřikovací komorou, tzn. že os vstřikovací jednotky je v horizontální poloze kolmo na dělicí rovinu formy.



Vertikální vstřikovací lisy

Pro speciální aplikace se v mnohých případech používají vertikální vstřikovací lisy. Upínací desky mají horizontální plochy pro upnutí forem. Horní deska je pohyblivá ve vertikálním směru, spodní deska je pohyblivá v horizontálním směru. Pohyb spodní desky je umožněn buď rotací kulatého otočného stolu anebo přesuvným pohybem posuvného stolu. V obou případech má potom forma jednu polovinu formy na horním stole a dvě identické spodní polovice na spodním stole.

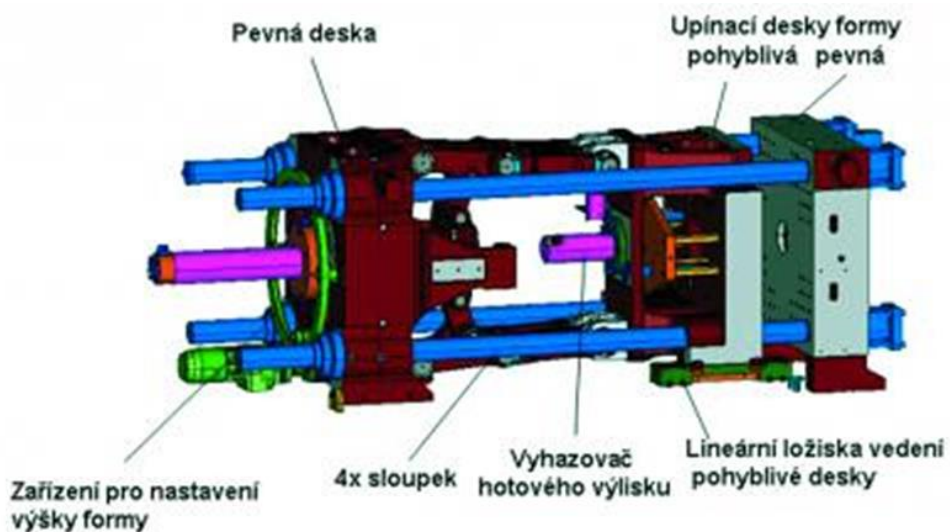


Vertikální vstřikovací lis s otočným stolem a vertikální vstřikovací jednotkou



Vertikální vstřikovací lis s otočným stolem a vertikální vstřikovací jednotkou

3.5. Hydraulické stroje

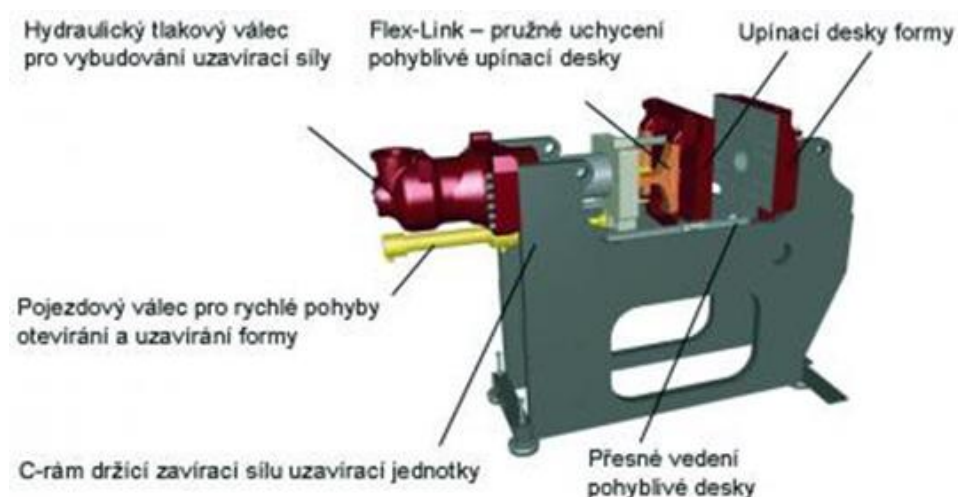


Dvou deskový stroj s jednou pevnou a jednou pohyblivou deskou



Častá je i konstrukce i „bez sloupových“ strojů. Uzavírací sílu přenáší namísto sloupů tzv. C rám. Mírná elasticita C rámu je kompenzována flexibilním uchycením pohyblivé desky nazývaným flexlink. Tato patentová konstrukce umožňuje přesné uzavírání formy bez nebezpečství vzniku smykových sil. Pro upínání formy je potom k dispozici mnohem větší prostor než u sloupových strojů.

Bez sloupový stroj



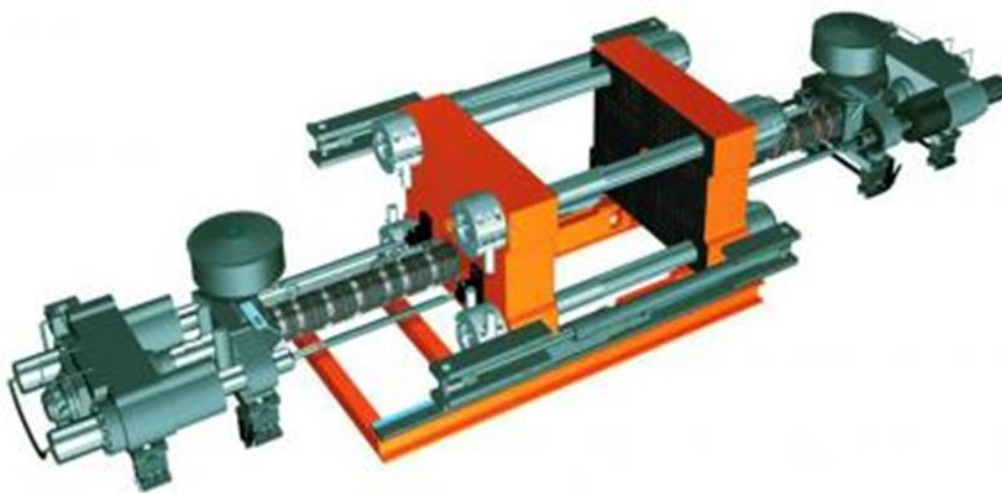
Elektrické vstřikovací lisy

pohyby stroje jsou vyvozované elektrickými servomotory řízenými frekvenčními měniči. Cena většího počtu hnacích motorů a jejichž řízení je kompenzovaná přesnější výrobou a lepší reprodukovatelností v porovnání s hydraulickými stroji. Čas cyklu stroje je kratší, také je zajímavá úspora elektrické energie vyplývající z vyšší účinnosti pohonů v porovnání s hydraulikou. Také odpadá nutnost chlazení hydraulického motoru.

Hybridní stroje

Hybridní stroje s elektricky poháněnými vstřiky se momentálně nejvíc uplatňují ve více komponentním vstřikování, kde je přesnost vstřiku nejdůležitějším parametrem pro úspěšné zajištění kvality výroby vylisků z více materiálů.

Dvou vstřikový stroj



Automatizace vstřikovacích lisů

Použití robotů a manipulátorů značně urychluje a zkvalitňuje výrobu vstřikovaných dílů. Zejména u větších strojů s uzavíracími silami nad 1 500 kN je dnes použití robotů takřka u všech strojů běžné. Používají se nejvíc lineární manipulátory.

Lineární manipulátor s dopravníkem výlisků



3.6. Válcování

Válcování je technologie, při které dochází k formování hmoty polymeru do tvaru fólií a pásů v štěrbině mezi dvěma, proti sobě se otáčejícími válci. Válcování, anebo také kalandrování (z anglického calendering) je základem několika technologických operací aplikovaných zejména při výrobě gumařských produktů:

- výroba samotných gumových pásů, které se dále používají při konfekci hotových výrobků (např. pláště pneumatik, gumová obuv, dopravní pásy, atd..)
- impregnaci a pogumování textilu, frikční nanášení

3.7. Vyfukování

Technologie vyfukování se používá na výrobu dutých výrobků, zejména lahví a jiných uzavíratelných nádob. Tato technologie je vhodná na výrobu dutých předmětů, kde se nepožaduje příliš vysoká přesnost v tloušťce stěny. Typickým příkladem jsou PET lahve na nápoje, PET lahve a nádoby na saponáty, domácí chemii, agrochemikálie atd. Touto metodou se dnes vyrábí asi 90% dutých tělese z plastů (lahve, kanystry, nádrže a jiné), přičemž největší nádoby mají objem 10 000 litrů a hmotnost až 180 kg.

Vyfukovací forma a výrobek

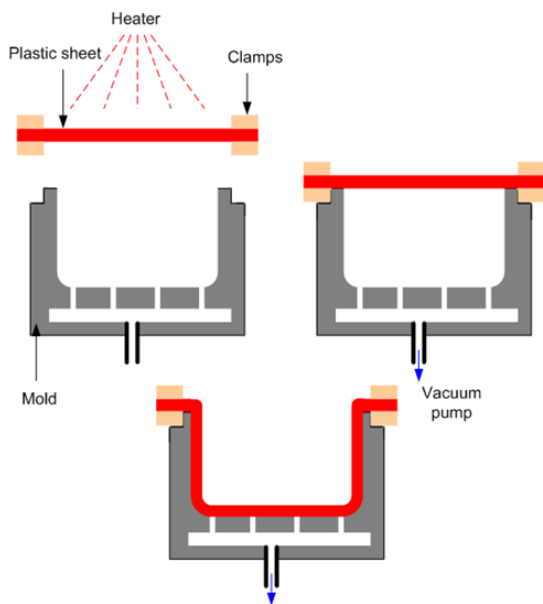


3.8. Tvarování

Tvarování probíhá v chladné formě. Musí přeběhnout v co nejkratší době, aby teplota plastu byla po dobu fázi tvarování konstantní. Proto se volí nejvyšší rychlost tvarování, kterou daný plast dovolí.

Po vytvarování se výrobek nesmí vybrat z formy dřív, pokud jeho teplota neklesne pod dolní mezi teploty skleného přechodu. Tím se dosáhne toho, že se neprojeví tvarová paměť. Běžně se zpracovávají desky a materiály o tloušťce od 0,4 mm do 10 mm a mají rozměry 100 x 100 mm anebo 800 x 1500 mm a to z materiálů hPS, ABS, PMMA, PVC, PC.

Princip vakuového tvarování



3.9. Odlévání, namáčení, žárové a fluidní nanášení

Odlévání je technologie, kterou je možné zpracovávat termoplasty i reaktoplasty. Podle toho, jaké síly působí na polymer po dobu jeho tvarování ve formě, rozeznáváme odlévání gravitační, odstředivé a rotační.

Princip rotačního odlévání



Namáčení

Namáčením se zpracovávají polymery v tekuté formě roztoků, pást a disperzi. Nejčastější zpracovávanými polymerními materiály jsou pasty PVC ale i například latexy kaučuků. V případě PVC pást dochází k fixaci tvaru výrobku želatinací, v případě aplikace roztoků a nebo latexů odpařením rozpouštědel. Pokud se namáčením vyrábějí výrobky z latexu kaučuku, zpravidla je potřebná po vysušení latexu následná vulkanizace.

Princip namáčení latexových rukavic



Žárovým nanášením

Se můžou zpracovávat polymery, které mají teplotu rozkladu dostatečně vyšší jako teplotu tavení resp. meknutí. Princip žárového nanášení spočívá v roztavení polymeru v speciální pistolí a následným stříkáním taveniny polymeru na povrch zvoleného materiálu. Konstrukce pistole pro žárové stříkání je odvozena od pistole pro žárové nanášení kovů. Střední rourkou pistole se přivádí práškový polymer a vnějším mezikružím proudí hořící směs acetylén - kyslík.

Fluidní nanášení

Se používá jako technologie nanášení polymerního povlaku na povrch předmětů za účelem jejich povrchové úpravy. Poskytuje rovnoměrnější a kvalitnější povlak jako žárové stříkání. Princip fluidního nanášení spočívá v tom, že vyhřátý předmět se ponoří do fluidní vrstvy práškového polymeru. Částice polymeru se na povrchu dostatečně vyhřátého předmětu taví a zlévají do kompaktní vrstvy.

4. POLOTOVARY A PŘEDVÝROBKY

Svým principem se liší jednotlivé metody strojařské metalurgie a často se člení na:

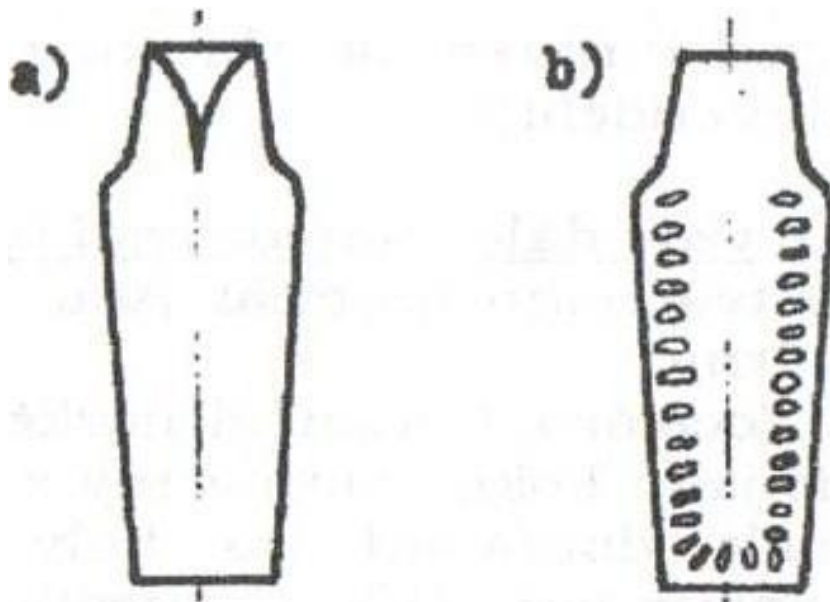
- slevárenství
- tvárnění
- svařování, pájení, tepelné dělení, lepení apod.
- tepelné spravování

4.I. Slevárenství

Ze širšího metalurgického pohledu rozlišujeme:

- slevárenství hutnických odlitků
- slevárenství tvarových odlitků

Slevárenství hutnických odlitků



a) uklidněná ocel,

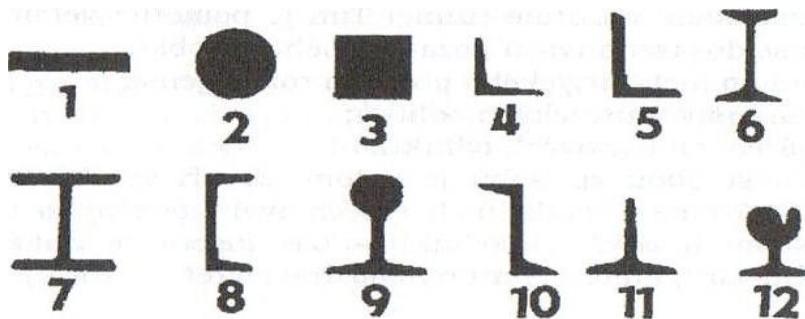
b) neuklidněná ocel

Schéma ingotu

Vývalky válcované z ocele je možné dělit na (Nová, I. a kol., 2006):

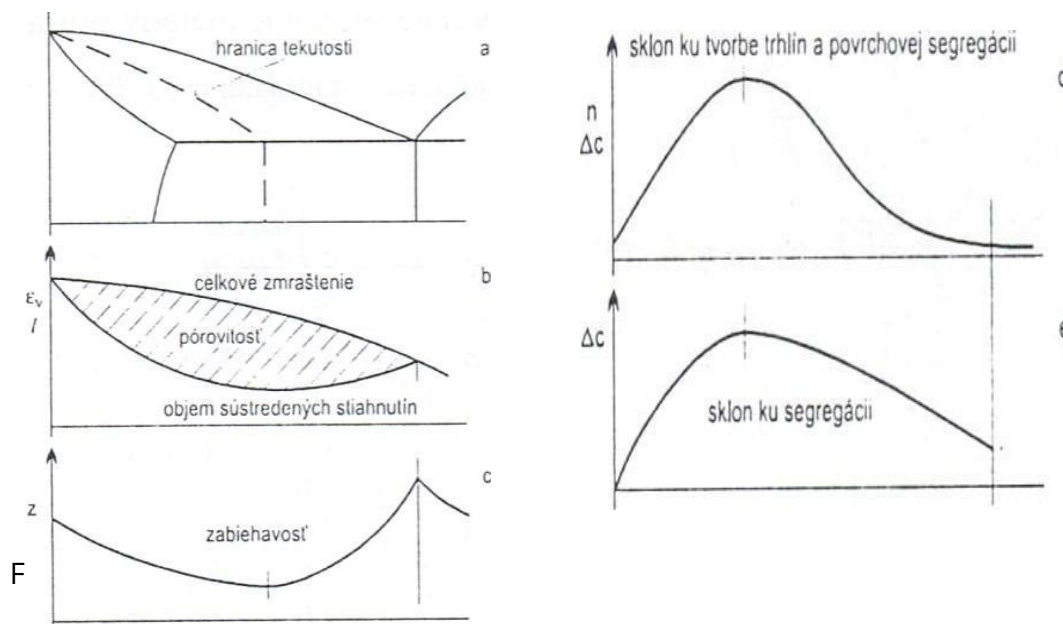
- profily jednoduchých geometrických tvarů
 - kruhové, čtvercové, obdélníkové, I-profily, U-profily, atd.;
- plechy tloušťky 0,15-4 mm – hloubky 3000 mm, tloušťky 4-60 mm – hloubky 3500 mm; tloušťky 60 – 250 mm – hloubky 4500 mm;
- trubky – kruhového, obdélníkového, oválného průřezu;
- válcování profilu získané zvláštním způsobem válcování.

Schéma hutnických válcovaných polotovarů



1-pásová ocel, 2-kruhová ocel, 3-čtvercová ocel, 4-rovnoramenný úhelník, 5-uhelník rovnoramenný, 6,7-I profil, 8-U profil, 9-kolejnice, 10-Z profil, 11-T-profil, 12-tramvajová kolejnice

Závislost technologických vlastností slitiny na složení



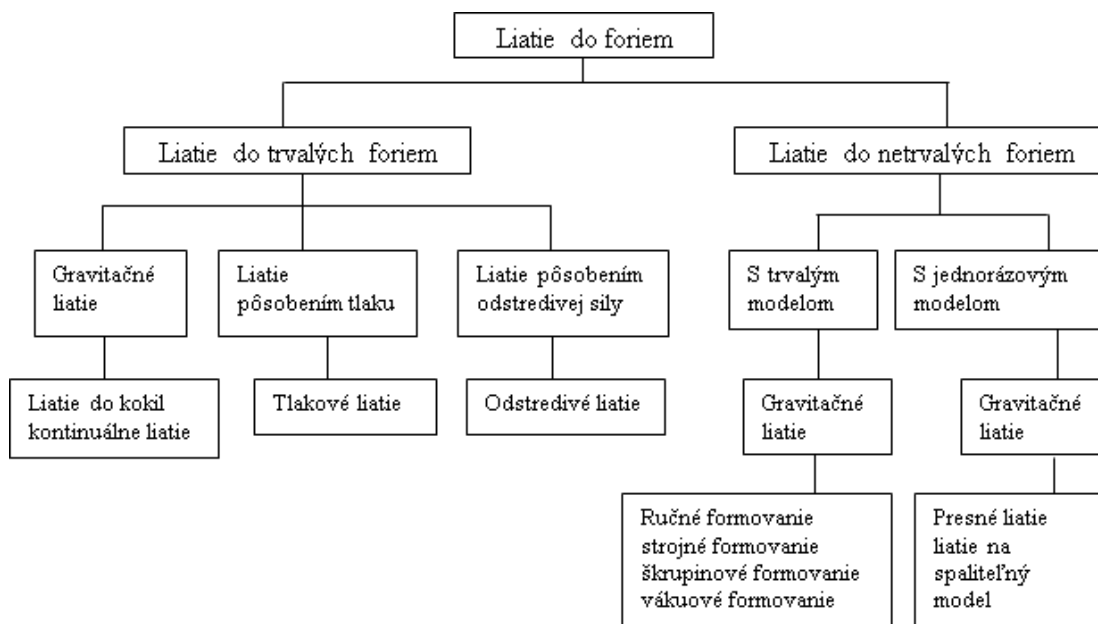
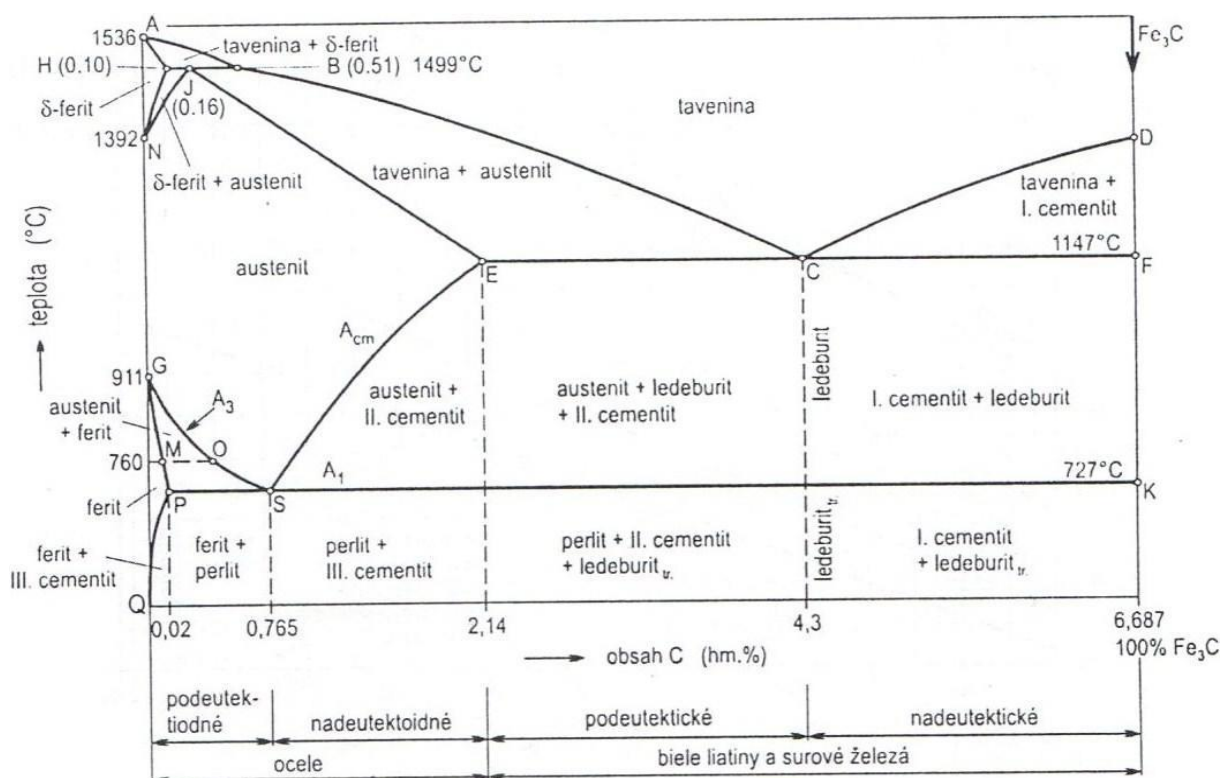


Diagram slitiny železo - uhlík



4.2. Použití oceli na odlitky

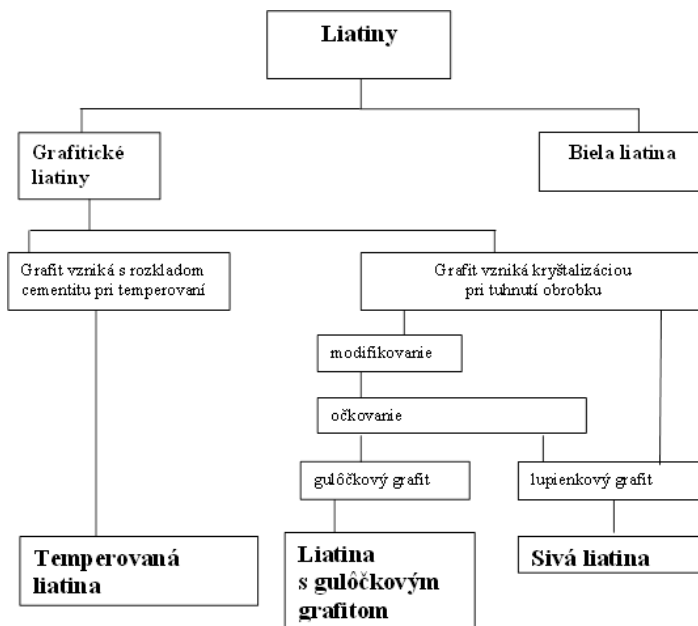
Podle chemického složení rozdělujeme ocel na odlitky do těchto základních skupin:

- **legované oceli** – obsahují legovací prvky (jeden anebo víc legujících prvků).
 - Podle obsahu legujících prvků jich dělíme na:
 - nízkolegované (obsah legujících prvků pod 5%)
 - středně legované (obsah legujících prvků 5% - 10%)
 - vysokolegované (obsah legujících prvků nad 10%)
- **nelegované – uhlíkové oceli** – obsahují malé množství (0,06 – 0,5%) průvodních prvků (S+P, P, S, Mn, Si). Tyto ocele můžeme orientačně dělit do tří skupin:
 - nízkouhlíkové (obsah uhlíku pod 0,25%),
 - středně uhlíkové (obsah uhlíku 0,25% - 0,6%),
 - vysoko uhlíkové (obsah uhlíku nad 0,6%).

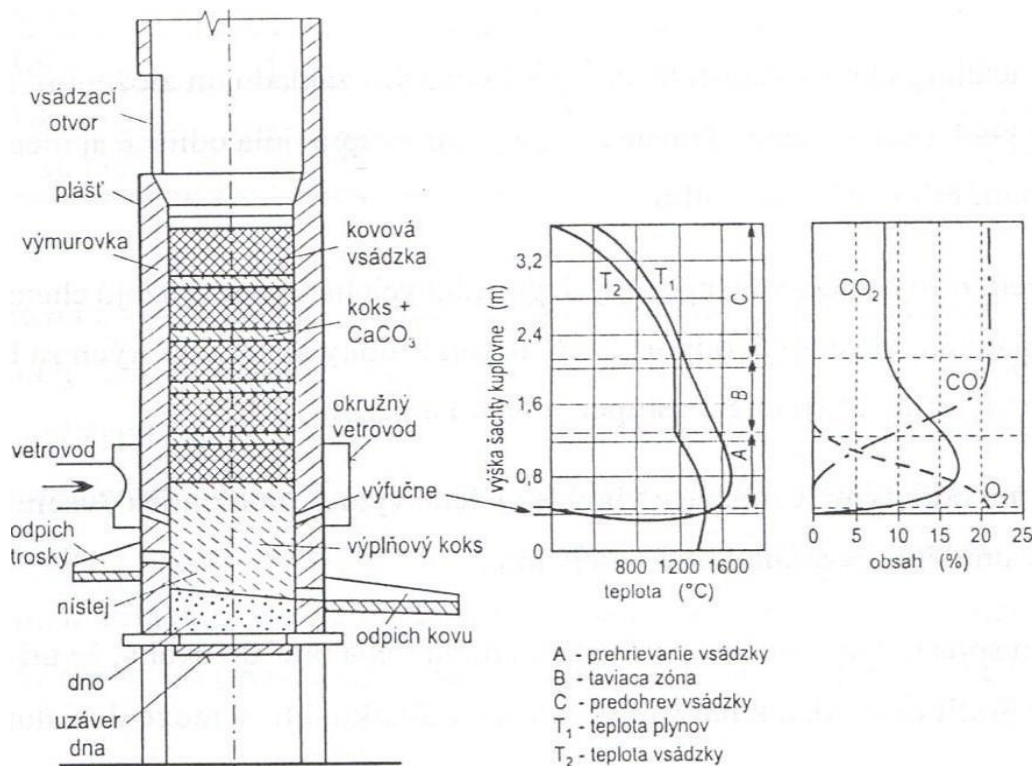
Oceli na odlitky označujeme podle normy ČSN takto: **42 XX YY. Z1Z2.**

- První dvojčíslí
 - 42 – třída norem pro hutnictví
- Druhé dvojčíslí
 - XX – druh materiálu na odlitky, příp. způsob lití
- Třetí dvojčíslí – XX
 - 00 – 29 popisuje, že jde o odlitky odlévané jiným způsobem jako do pískových forem,
 - 30 – 99 udává nejnižší hodnotu pevnosti v tahu v násobku 10 MPa (např.. 42 2636 – pevnost v tahu 360 – 460 MPa).
 - U vysokolegovaných ocelí na odlitky (42 29 YY) udává třetí dvojčíslí použitou skupinu legujících prvků.
- Čtvrté dvojčíslí - Y1Y2 (doplňkové číslice)
 - Y1 – označuje konečný stav materiálu na odlitky závislý od jeho tepelného zpracování,
 - Y2 – označuje způsob odlévání odlitků se slitin železa.
 - U legovaných ocelí má odlitky čtvrté dvojčíslí stejný význam jako u ocelí uhlíkových

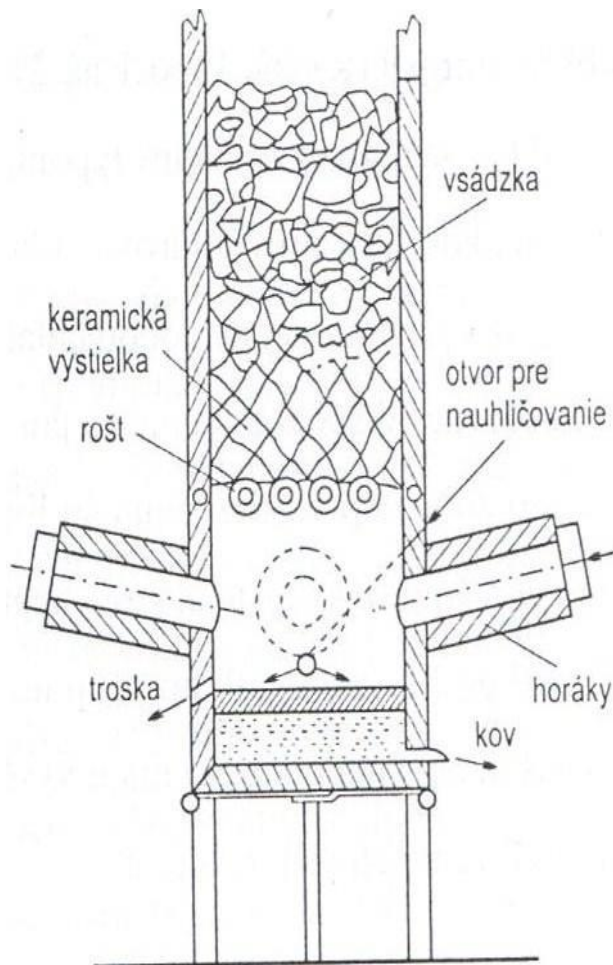
4.3. Litiny



4.4. Uspořádání kuplové pece s průběhem teplot a složení spalin



Bez koksová kuplová pec



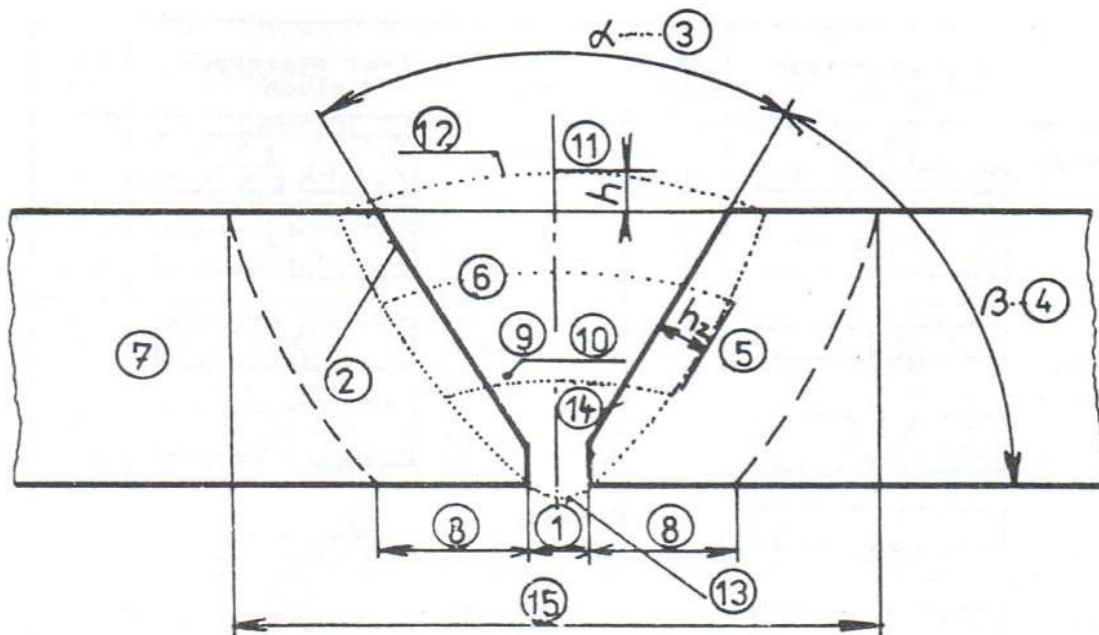
Slévárenské formovací materiály

Slévárenské formovací materiály jsou suroviny (písky - ostřiva, pojiva a pomocné látky), z kterých se vyrábějí formovací směsi. Tyto slouží na zhotovení polotrválých a netrválých jader a forem.

Ostřivo a pojivo

- Ostřivo formovacích směsí (písek) je žáruvzdorný materiál tvořící 86 – 96% hmotnostního a objemového zastoupení ve formovací směsi
- Pojivo spojuje ostřivo a formovací směsi dává potřebnou tvárnost a pevnost.

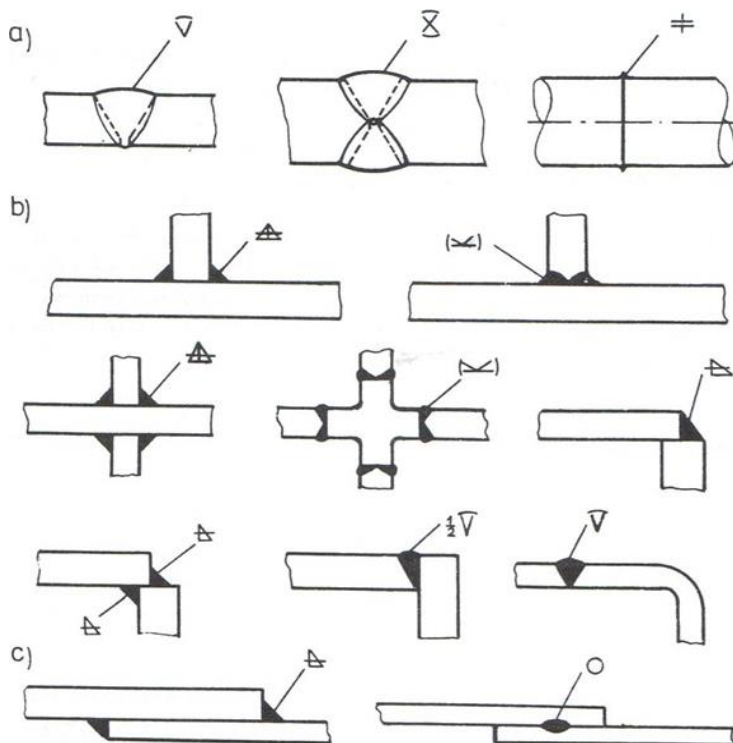
4.5. Svařování



Základní způsoby svařování

Tavné svařování	Svařování tlakem
Svařování plamenem	
Svařování elektrickým obloukem: -obalenou elektrodou -v ochranné atmosféře s odtavující se elektrodou, drát a-nebo plněná trubička (MIG, MAG) -v ochranné atmosféře s neodstavující se elektrodou (WIG, TIG) -automatické s různými typama elektrod (uhlíková) -pod tavidlem -Svařování s rotujícím obloukem	Svařování elektrickým odporem: -bodové -švové -výstupkové -stykové – pýchováním - odtavením
Svařování termitem (aluminotermie)	Svařování třením
Svařování elektrostruskové	Svařování indukční
Svařování laserem	Svařování ultrazvukem
Svařování plazmou	Svařování tlakem za studena
Svařování slévárenské	Svařování výbuchem

Druhy svarových spojů



Názvy a tvary svarových ploch

Název svaru	Tvar svarových ploch	Zákl. znak	Název svaru	Tvar svarových ploch	Zákl. znak
Lemový svar			U - svar		
I - svar			U - svar		
I - svar na podležce			UU - svar		
V - svar			UU - svar		
V - svar na podležce			Koutový svar		
$\frac{1}{2}$ V - svar			Koutový svar oboustranný		
X - svar			Rehový svar		
X - svar nesymetrický			Svar děrový a šlábkový		
K - svar			Svar děrový a šlábkový skosený		

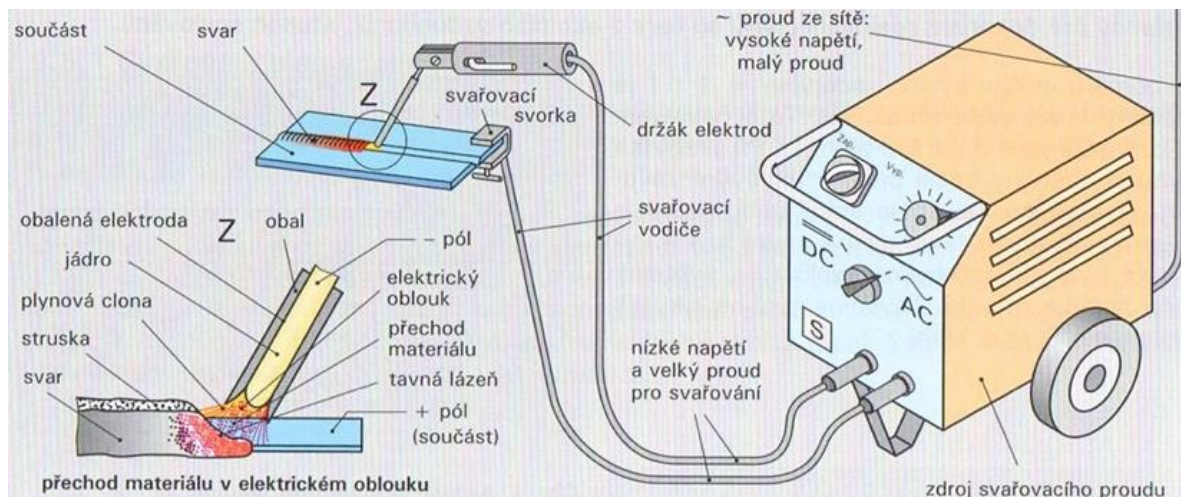
4.6. Svařování elektrickým obloukem

Elektrický oblouk má několik charakteristických oblastí (Blaščík, F. a kol., 1988):

- na povrchu elektrody, která má minusový pól (katoda), tvoří se katodová skvrna, přes kterou prochází proud. V blízkosti katody se vytváří v plynném sloupci katodová oblast,
- na povrchu elektrody s kladným pólem (anoda) vzniká anodová skvrna a na ní navazuje anodová oblast,
- střední část sloupce je pozitivny sloupec, který tvoří skoro celou délku elektrického oblouka.

Schéma ručního svařování elektrickým obloukem

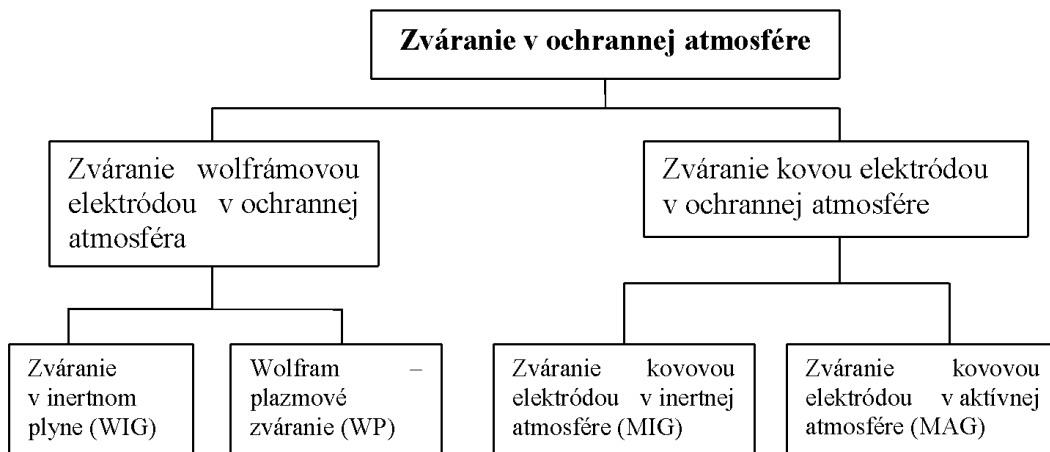
(Fischer, U. a kol., 2004)



Svařování elektrickým obloukem v ochranných atmosférách

Při svařování v ochranných atmosférách rozlišujeme svařování s natavující se wolframovou elektrodou WIG a svařování s odtavující se kovovou elektrodou (MAG, MIG). Předností je jednoduchá automatizace svařovacího procesu a vhodnost využití pro robotizované pracoviště.

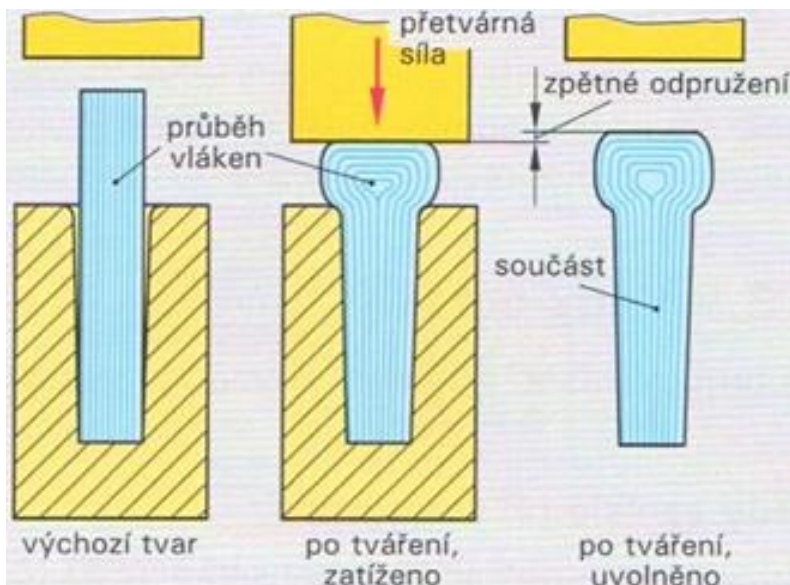
Rozdělení sváření v ochranné atmosféře



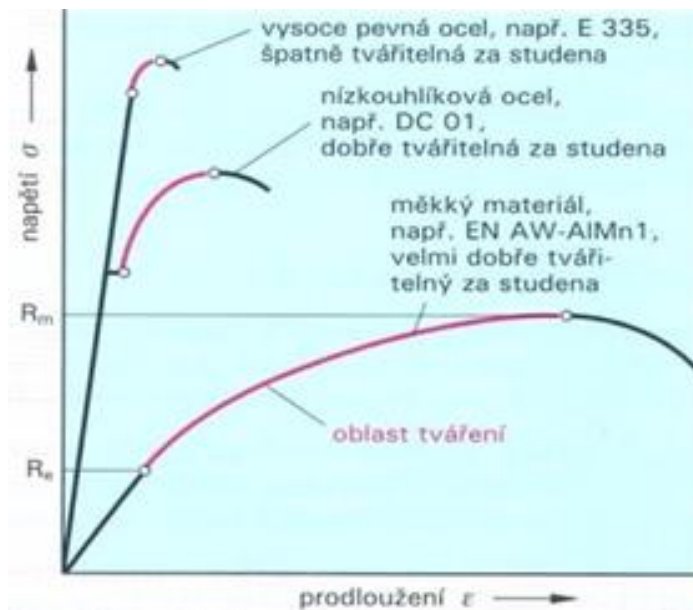
4.7. Tvárnění

Tvárnění je část strojírenské technologie, kde měníme vlastnosti, rozměry a tvar působením vnějších sil. Změna tvaru nastává přemístěním částic kovu na základě plasticity. Je to nejdůležitější vlastnost kovů popří pevnosti a pružnosti. Jedná se o trvalou změnu tvaru a rozměru tvárněného materiálu (součástky). Toto je vyvolané účinkem vnějších sil tvárnícího stroje a nástroje.

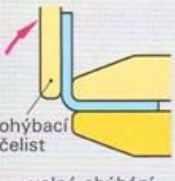
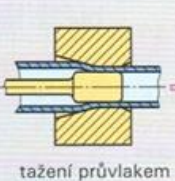
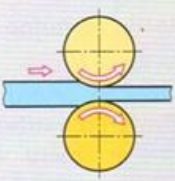
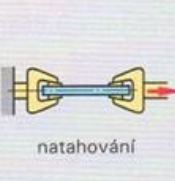


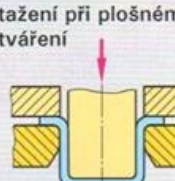







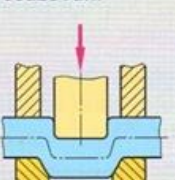
Součástka byla přetvořená, získala jiný tvar.



Plastická deformace při tvárnění



Postupy tvárnění, (Fischer, U. a kol, 2004)

tváření ohybem	tváření tahem a tlakem	tváření tlakem	tváření tahem	tváření smykem
volné ohýbání  ohýbací čelist volné ohýbání plechu	protahování  tažení průvlakem	válcování  válcování	prodlužování  natahování	kroucení 
ohýbání v ohýbadle  ohýbání plechu v ohýbadle	tažení při plošném tváření  tažení dutých těles	zápustkové tváření  kování v zápustce	rozšiřování  rozšiřování trnem	zkrcování 
zakružování  ohýbání závěsů	rotační tváření (kroužení)  tváření dutých těles	vytlačování  orýsování	přetahování  přetahování	přesazování  vyrábění excentru

Zákony tvárnění

- Zákon stálosti (konstantnosti)
- zákon zbytkových a doplňkových napětí
- zákon nejmenšího odporu
- zákon stálosti (konstantnosti) potenciální energie změny tvaru
- zákon podobnosti
- zákon neodlučitelnosti elastických napětí (deformací)
- zákon zpevnění
- zákon tření

Technologické postupy tvárnění za tepla

- Kování - volné a zápustkové
- Válcování - k hromadné výrobě předmětů jednoduchého tvaru
- Vytlačování - pro výrobu různých profilů, tyčí, trubek

Technologické postupy tvárnění za studena

- Válcování
- Tahání
- Lisování – stříhání, ohýbání, rozšiřování, zakrucování, tahaní nádob, objemové tvárnění – přetlačování

Druhy používaných polotovarů

- vývalky
- ingoty
- plechy

5. POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchová úprava obrobků sloužila předtím převážně na dekorativní účely. Dávala výrobkům pěkný vzhled, který se vytvářel barvou, hladkostí, leskem apod., tak se zvyšovala prodejnost výrobku. Dnes je tento požadavek veščinou druhořadý, protože povrchové úpravy jsou zaměřené veščinou na funkční účely (např. odolnost vůči korozi, odolnost proti opotřebení). Do povrchových úprav patří všechny fyzikální, chemické, elektrochemické a mechanické postupy, kterými nadobude povrch žádané vlastnosti bez použití řezného nástroje

Schéma postupu při volbě protikorozní ochrany

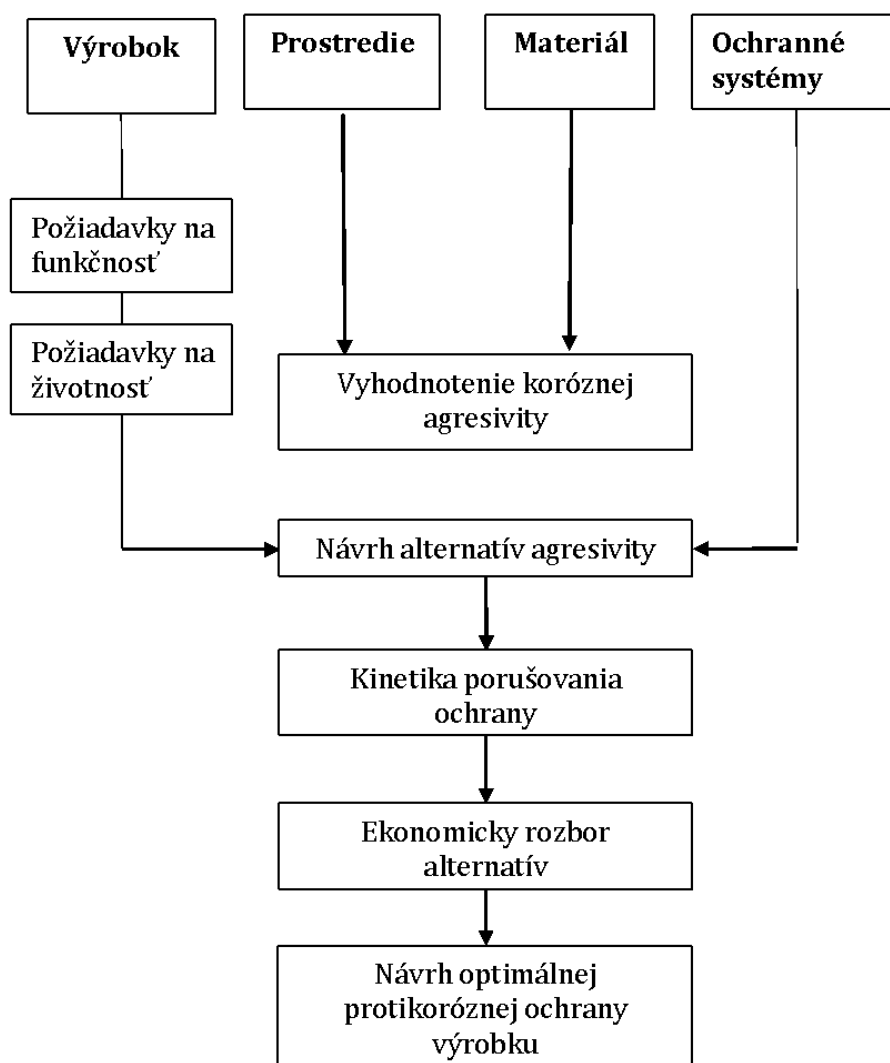
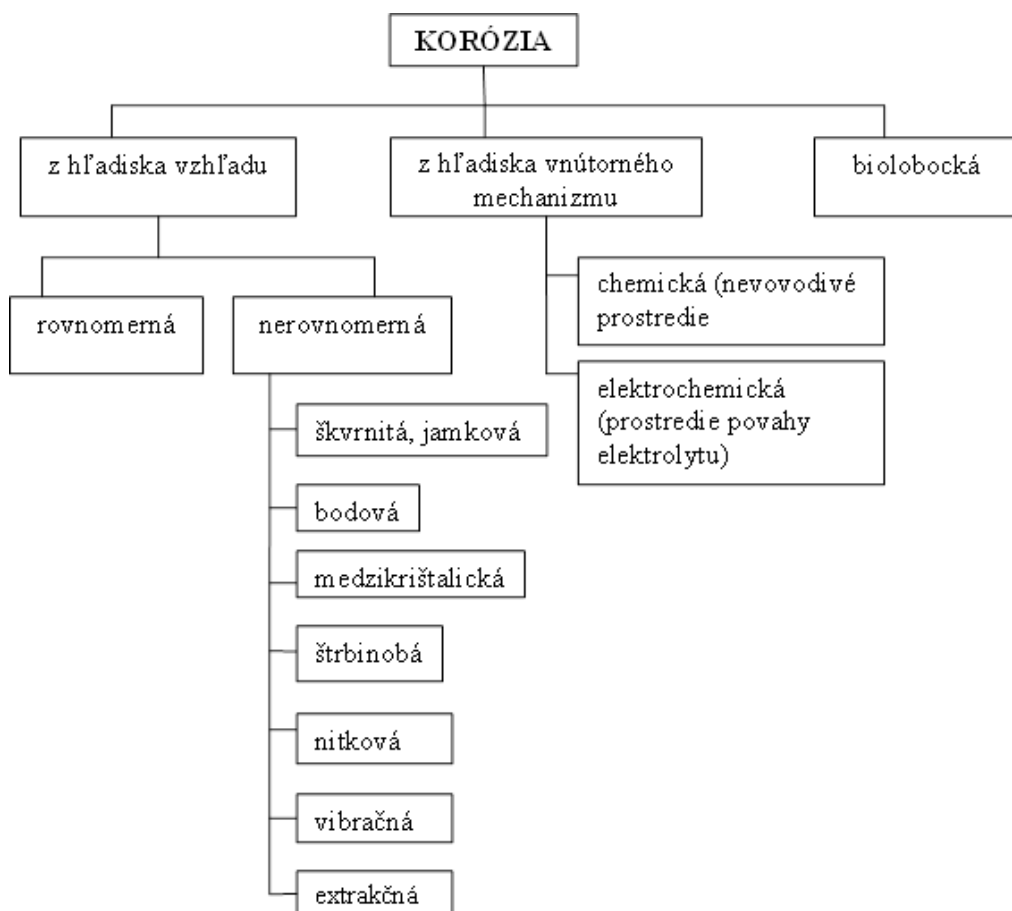


Schéma získávání korozních údajů

Znehodnocování kovových materiálů chemickým anebo fyzikálně-chemickým účinkem okolitého prostředí, tj. koroze kovů, je stále závažnějším národohospodářským problémem na celém světě. Přírodní korozní prostředí je znečišťované průmyslovou činností a tím stoupa jeho agresivita.

V chemickém průmyslu, energetice, elektrotechnice, strojírenství a dalších průmyslných odvětvích se zvyšují nároky na odolnost kovů proti korozi.

Schéma dělení korozního napadnutí

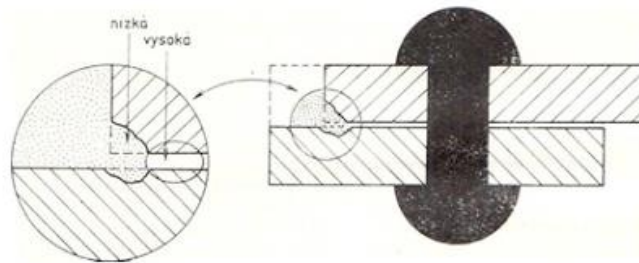




Rovnomerná korózia

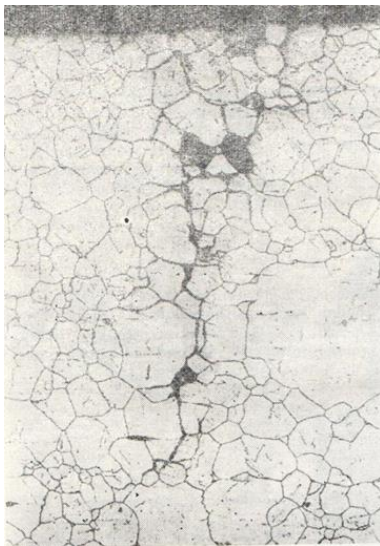


Bodová korózia



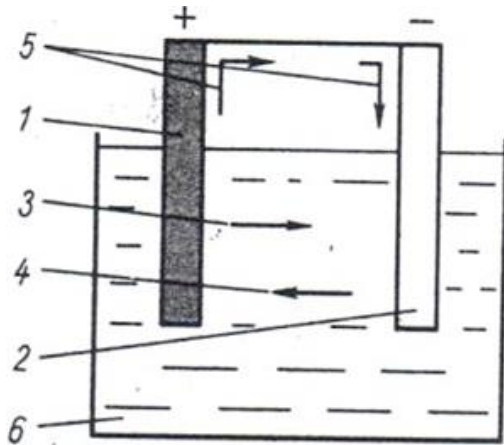
Koncentračný článok s rôznou koncentráciou iónov kovu

Mezikrystalová koroze



5.1. Druhy koroze z hlediska vnitřního mechanismu

- chemická koroze
- elektrochemická koroze



Biologická koroze

Kovový technický materiál může být rozrušovaný i živým organismem. Například brouk z rodu Dermestes požírá Zn, Ag, Au a nejvíc měkké Pb. Byl pozorován brouk, který za 4 hodiny přehryzl v Pb plechu $t=0,2$ mm a otvor průměru 3mm. Na rozrušování kovu se podílejí také bakterie, které svou přítomností podmiňují vznik chemických sloučenin zvyšujících agresivitu korozivního prostředí.

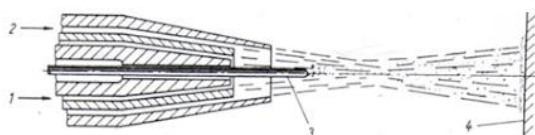
5.2. Antikorozní ochrana kovových technických materiálů

Antikorozní ochrana je vykonávána:

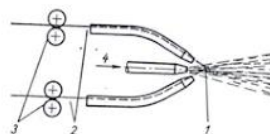
- vhodnou volbou materiálu
- konstrukční úpravou
- úpravou korozivního prostředí
- elektrickou ochranou
- povrchovými úpravami
- Pokovování ponořením do koupele z roztavených kovů - patří mezi nejstarší způsoby antikorozní ochrany. Ponořením se vytvářejí především povlaky ze Zn, Sn, Pb. Po ohřátí a omočení povrchu se z koupele vyberou a ochladí.

- Plátování - při plátování se vrstva ochranného kovu na součástkách vytváří přiválcováním, obléváním, pájkováním, nebo připravením houževnatého kovu, ochranného kovu, explozi.

Pistole na žárové stříkaní kovů

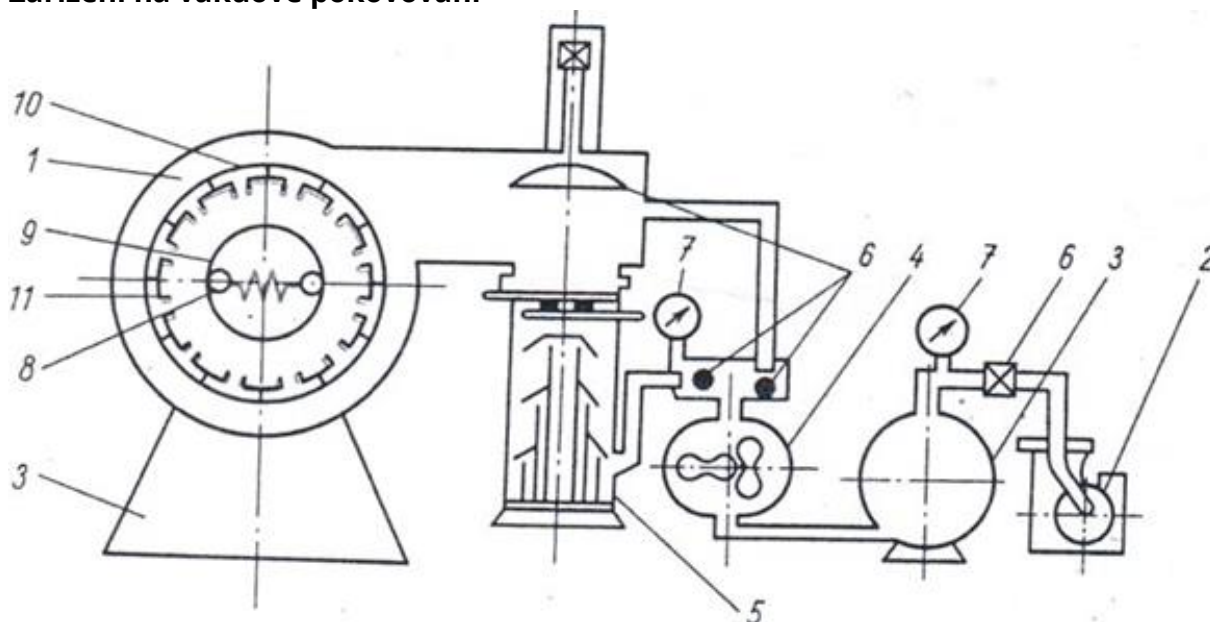


a-drátová plynová pistol: 1-směs C₂H₂ a A₂, 2-stlačený vzduch, 3-odtavující drát, 4-stříkaný předmět



b-drátová oblouková pistol: 1-elektrický oblouk, 2-odtavující drát, 3-podávací kladky, 4-stlačený vzduch

Zařízení na vakuové pokovování



1-pracovní vakuová komora, 2-rotační vývěva, 3-predvakuový plynojem, 4-Rootsová vývěva, 5-dyfušní vývěva, 6-ventily, 7-měření vakua, 8-odparovaný kov, 9-elektóda na čištění součástek výbojem, 10 otočný držák s pokovovanými součástkami, 11-pokovované součástky

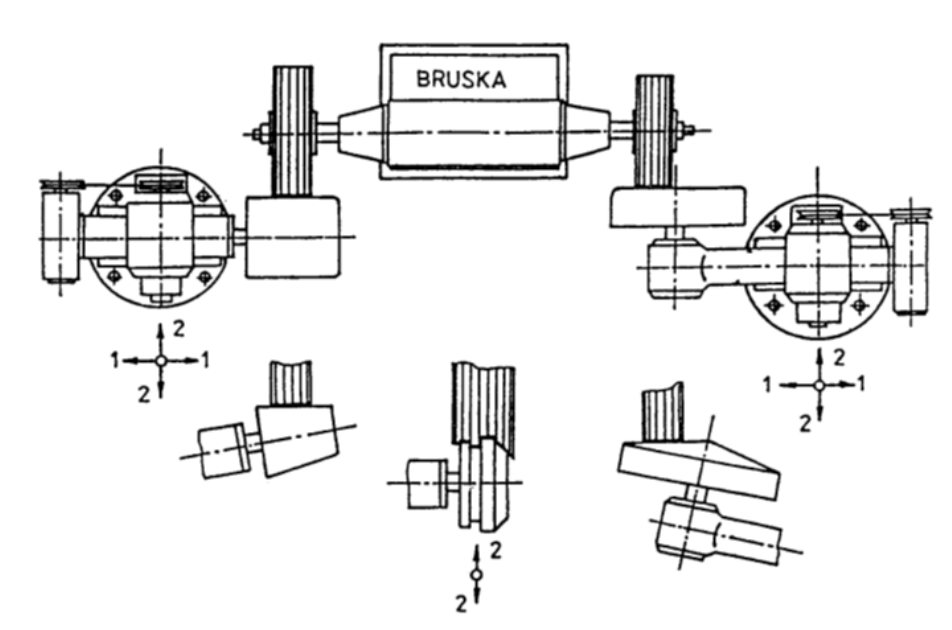
Ochranné povlaky a vrstvy z nekovů

- Chemické úpravy povrchu
- Oxidace
- Chromování
- Fosfátování
- Difúzně sírování a sulfanitridování

Ochranné povlaky a vrstvy z nekovů

- Smaltování
- Povlaky z nátěrových látek
- Mechanické úpravy povrchu
- Povlaky z plastů

Ukázka strojů a přípravků pro broušení a leštění



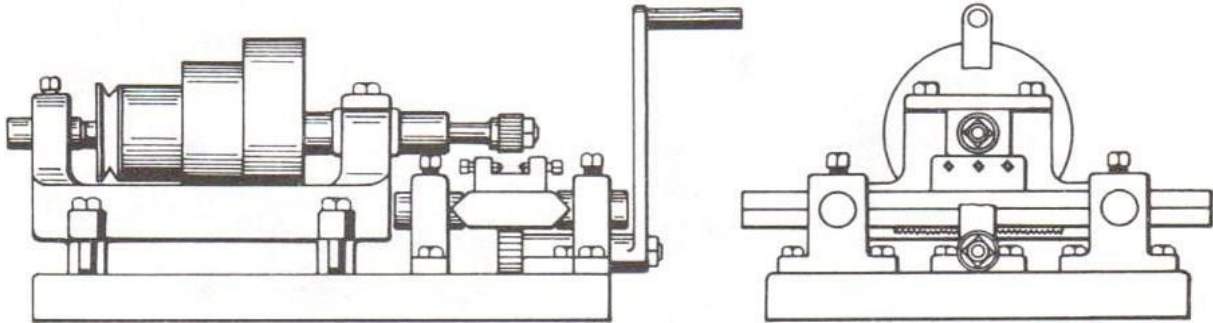
Antikorózní ochrana nekovových technických materiálů



6. TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

Historie pracovních nástrojů se začala psát asi před dvěma miliony let. Člověk začal upravovat použité předměty dle vlastní potřeby.

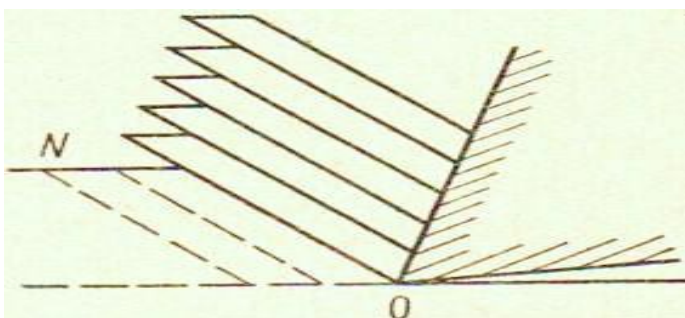
V roce 1818 sestrojil S. Morthem první nákres frézovacího stroje

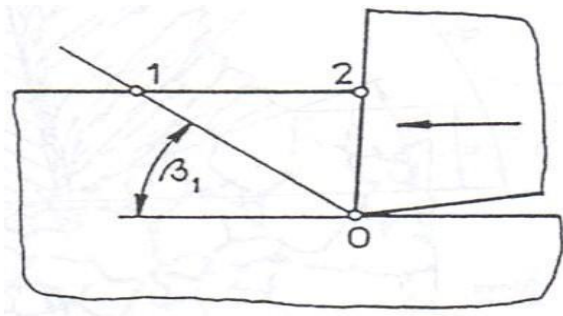


6.1. Teorie tvoření třísky

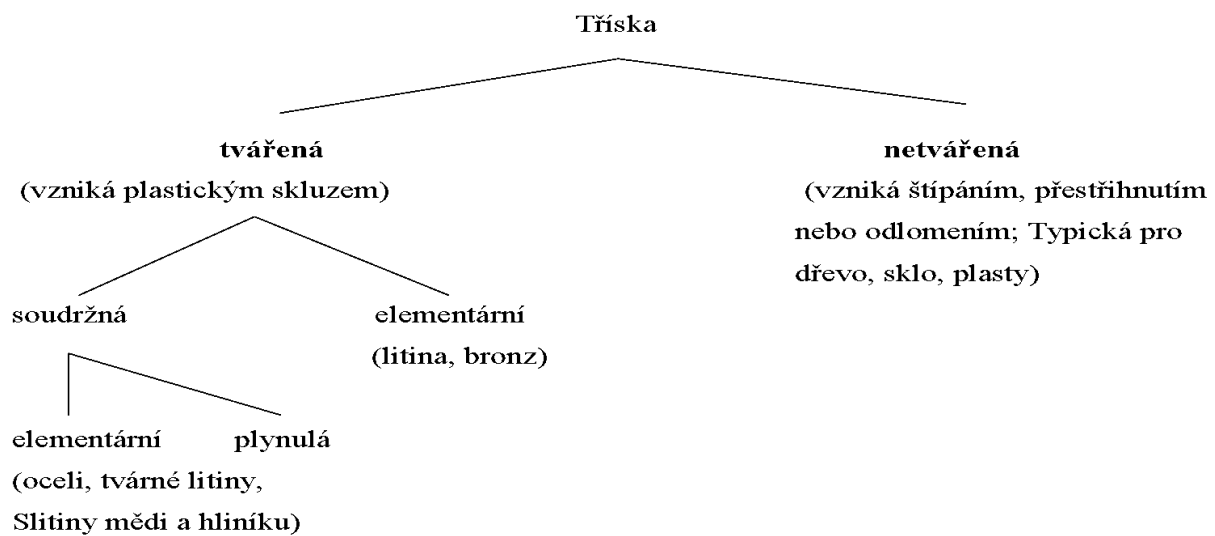
Při obrábění materiálu vzniká řezný klín a od polovýrobku se odděluje část materiálu. Tuto část nazýváme tříska. Dříve než se vytvoří tříska, vzniká intenzivní plastická zóna.

Při vzájemném tlaku tvrdšího nástroje a měkčího polovýrobku se naruší vazba jeho elementárních částí. Při počátečním dotyku nástroje s obráběným kovem (obr.) vyvolá tlak čela nástroje nejdřív elastickou a potom plastickou deformaci O12.



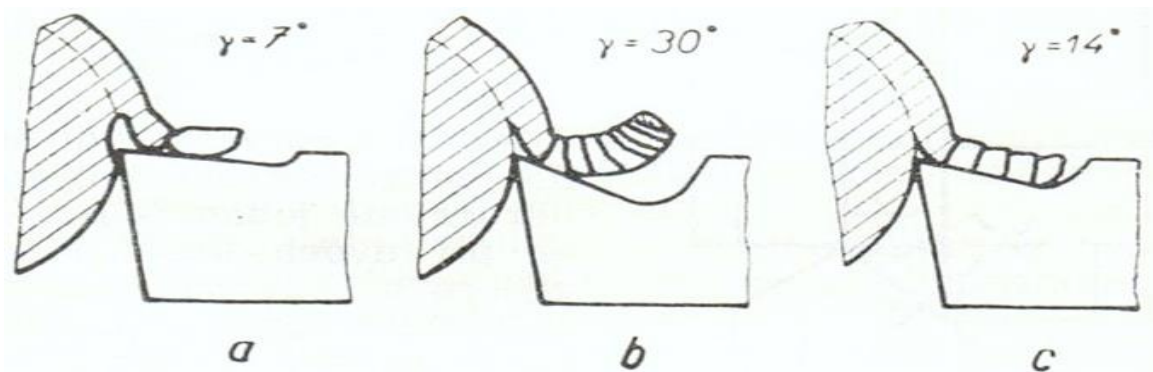


Druhy třísek a jejich dělení



6.2. Základní tvary třísek

Při materiálech s vyšší plasticitou zůstává odstřižený materiál při deformačních posuvech jednotlivých částí třísky nedotknutý a vzniká tříska plynulá (obr. b). Když materiál nevydrží deformační posuv, vytvoří se částečky odstřižené vrstvy a vzniká tříska členěná. Ta je buď dělená (obr. c) nebo drobná (obr. a).

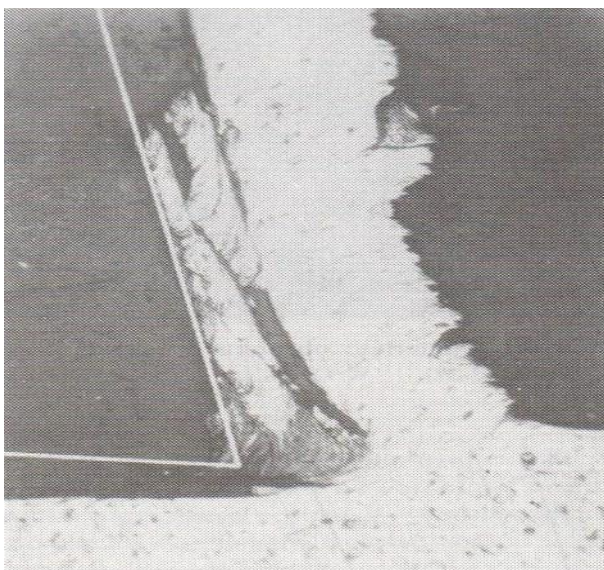


Tvar třísky je závislý hlavně od úhlu čela a řezné rychlosti. Čím je větší úhel čela, tím méně se tříška stlačí a láme. Potom vzniká tříška plynulá. Když se zmenšuje úhel čela nože, zvětšuje se stlačení třísky, tříška se láme a dělí se na menší kousky. Potom vzniká tříška členěná.

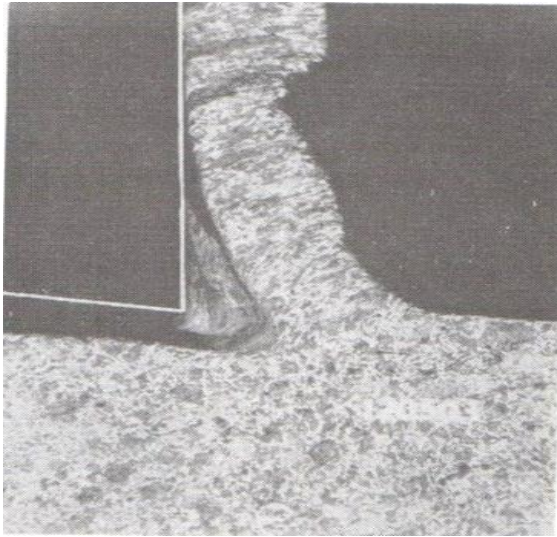
Na obr. je ukázán příklad zóny s nárůstkem na řezném klíně, kde nárůstek modifikuje původní geometrii řezného klínu. Zde se zvětšuje úhel čela i hřbetu.

Materiál je ocel 12050.1, nástroj SK, $v = 40 \text{ mm.min}^{-1}$, $s = 0,2 \text{ mm}$.

Metalografický výbrus materiálu obrobku při tvoření třísky s nárůstkem



Metalografický výbrus materiálu obrobku při tvoření třísky s extrémním nárůstkem



6.3. Řezné materiály

Základní podmínkou uskutečnění požadované technologické operace, spolehlivé a dobré práce nástroje je správná volba řezného materiálu. Nejdůležitější vlastností řezných nástrojů je jejich řezivost. Z hlediska nástrojového materiálu zahrnuje tento pojem schopnost, při dostatečné houževnatosti, zachovávat pevnostní charakteristiky za vysokých teplot a odolávat opotřebením v místě styku břitu nástroje s obrobkem a odcházející třísky.

Materiál nástroje je volený s ohledem na jeho namáhání. Do materiálu obrobku vniká řezný klín při vysokém měrném tlaku. Materiál je oddělován ve tvaru třísky.

Základní vlastnosti materiálu:

- dostatečná tuhost, pevnost, houževnatost
- stálost mechanických vlastností i za zvýšených teplot
- nízká náchylnost na tepelnou únavu
- odolnost vůči opotřebením
- tepelná vodivost
- technologická výroba a zpracování

Nejpoužívanější řezné nástroje pro obrábění kovů:

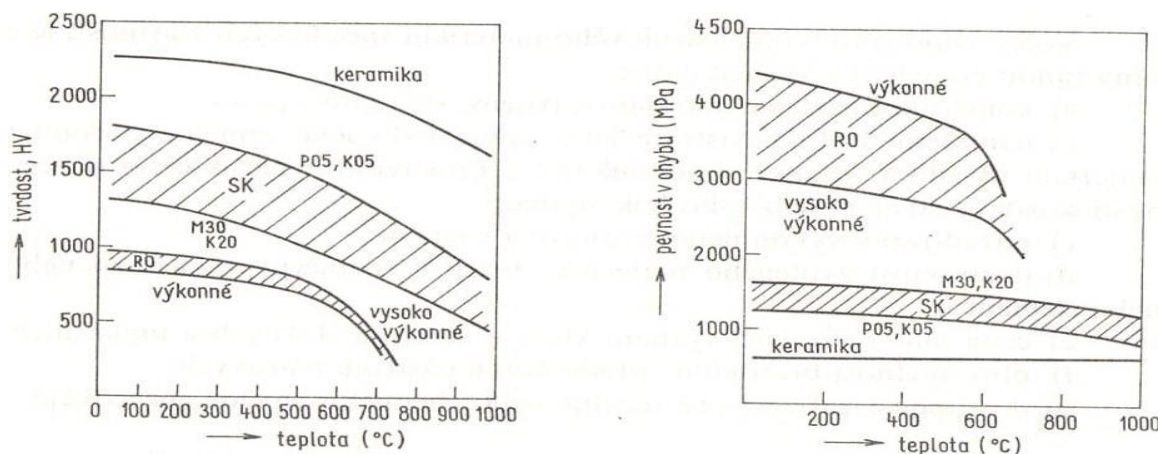
- slinuté karbidy
- nástrojové oceli
- řezná keramika
- velmi tvrdé materiály

Použití vhodného typu materiálu pro nástroj je ovlivněno některými činiteli, ke kterým patří:

- namáhání břitu
- požadavky na trvanlivost nebo výkon nástroje
- konstrukce nástroje
- namáhání nástroje i břitu jako celku
- požadovaná trvanlivost nástroje
- požadovaný výkon
- dostupnost požadovaného materiálu
- cena materiálu
- obrobitelnost broušením především u tvarových nástrojů

Řezné vlastnosti břitu a říznost nástrojových materiálů

Chceme-li navrhovat konstrukci břitu, měli bychom mít na mysli komplexní zhodnocení dostupných údajů o obráběném materiálu a zvoleném řezném materiálu. Nejlepším řešením je vycházet z výsledků zkoušek říznosti. Tyto zkoušky jsou nejspolehlivějším ukazovatelem výkonu.

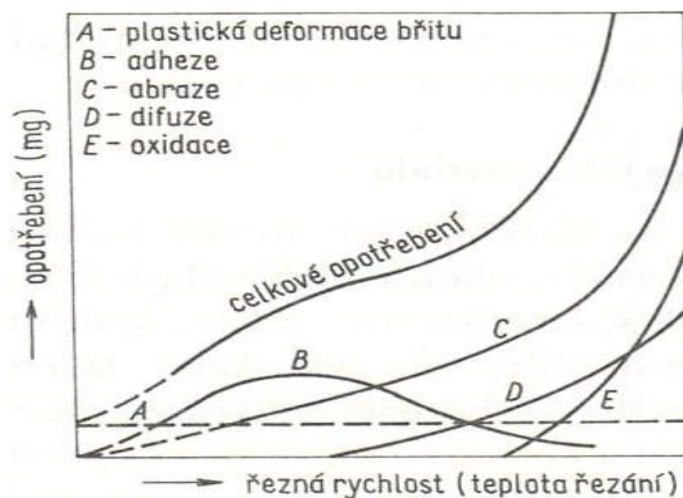


Teplotní závislosti pevnostních charakteristik ocelových nástrojů shrneme pod pojem odolnost při popouštění. Tyto závislosti jsou rozhodujícím kritériem výkonu nástroje při obrábění kovových materiálů s vysokou teplotou tavení. Nejběžnější způsob hodnocení je

stanovení tvrdosti materiálu při 20°C nebo zjištění tzv. tvrdosti za tepla a), Obr. B) ukazuje vliv teploty na pevnost v ohybu.

Mechanismy opotřebení v závislosti na řezné rychlosti

Další významnou vlastností říznosti je chemická stálost za vysokých teplot a odolnost proti opotřebení. K působení mechanismů opotřebení dochází v místě styku břitu s obrobenou plochou a třískou. Mezi nejdůležitější mechanismy opotřebení patří oxidace, difuze, adheze a abraze. Jejich výskyt je vázán na interakci nástroj-obrobek, na řezné podmínky (obr.) a jiné faktory (např. řezné prostředí).



Pracovní schopnosti řezného materiálu, které komplexně určují míru jeho výkonnosti, vyjadřujeme pojmem říznost. Říznost určujeme úhrnem fyzikálních, chemických a technologických vlastností nástrojových materiálů, které ovlivňují volbu řezných materiálů. Musíme brát zřetel na kvalitu operace obrábění.

Říznost nástrojového materiálu

Říznost nástrojového materiálu se vyjadřuje indexem:

$$I = \frac{V_{cT}}{V_{ceT}}$$

kde:

v_{cT} - je řezná rychlost dosaže na hodnocením řízných materiálů při trvanlivosti řezného klínu T , v_{ceT} - řezná rychlost dosáhnuta referenčním materiálem při stejné trvanlivosti řezného klínu T při rovnakým kritériu otupení, za stejných podmínek zkoušek jako při hodnoceném řezném

6.4. Materiály

Slinuté karbidy

Jsou to výrobky práškové metalurgie. Jejich objev znamenal zvýšení produktivity práce, znamenal zvýšení řezných rychlostí. Základní složka je karbid wolframu, dále může obsahovat kysličník chromu, kobalt, karbid tantal, karbid molybdénu, karbid titanu a karbidu niobu. Podle množství komponentů získáme řezný materiál s různými mechanickými, chemickými a fyzikálními vlastnostmi.

Príslušný druh slinutého karbidu výrobce zařazuje do určité skupiny používání a to podle ISO 513.

Podle této normy se slinuté karbidy dělí na skupiny P, M, K a další dvoumístné číslo.

P – vhodné pro materiály s plynulou třískou,

M – universální,

K – pro materiály s krátkou, drobnou třískou.

- **Výhody:** zachování vysoké tvrdosti, odolnost vůči opotřebení, trvanlivost řezní hrany při teplotách 900°C - 1000°C.
- **Nevýhody:** křehkost, nesnášejí namáhání na ohyb, citlivost na teplotní rázy

Nástrojové oceli

Nástrojové oceli dělíme na:

- uhlíkové oceli
- slitinové oceli
- rychlořezné oceli
- oceli na odlévání nástrojů

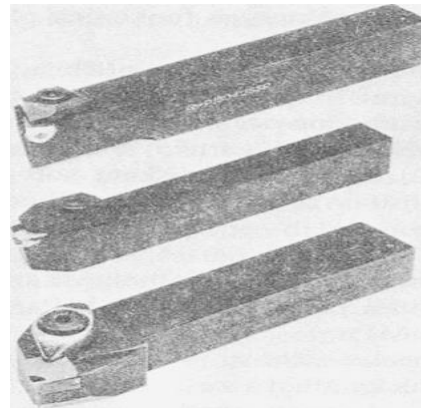
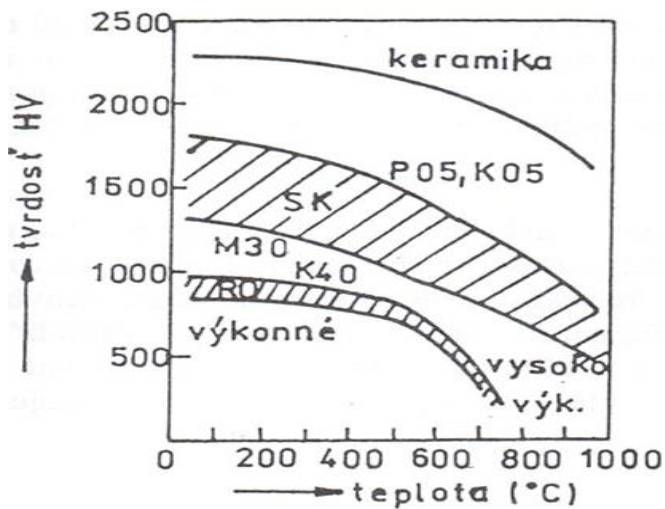
Řezná keramika a kovokeramika

Tyto materiály se vyznačují výbornými charakteristikami některých mechanických vlastností, zvláště pevností tlaku a tvrdosti. Dále dobrou chemickou stálostí a odolností vůči opotřebení.

ŘEZNÁ KERAMIKA

oxidová	směsná	bezoxidová
Čistá oxidová 99% Al_2O_3	Al_2O_3+TiC	Kubický nitrid Boru KNB
Polosměsováoxi - dová $Al_2O_3+ZrO_3$	$Al_2O_3+TiC + TiN$	Polokristalický diamant PCD
	$Al_2O_3+ WC + TaC$	

Závislost tvrdosti řezných materiálů na teplotě řezání



Příklady řezných

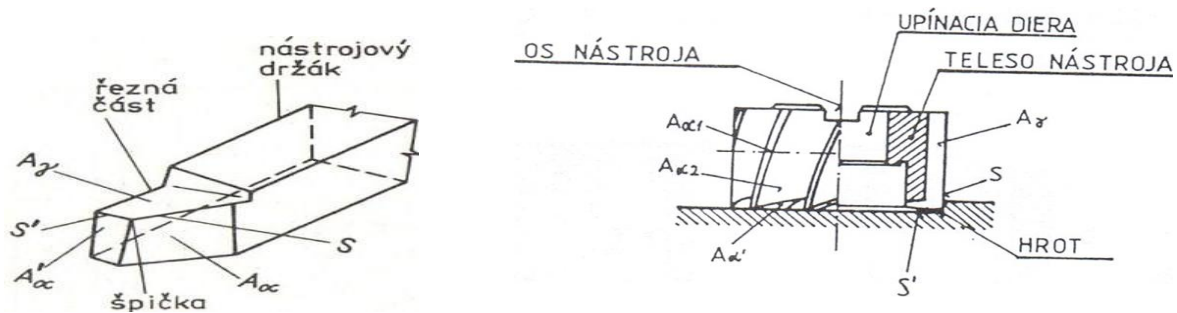
Základní rozdělení řezných materiálů a oblast jejich použití vzhledem na řeznou rychlost a povolenou teplotu řezání

Druh RM	Řezná rychlost [m/s]	Teplota [°C]
NÁSTROJOVÉ OCELI uhlíkové	0,16 - 0,2	220
legované	0,2 - 0,3	280
rychlořezné	1	600
SLINUTÉ KARBIDY	4,16 /10/	1000
KERAMICKÉ MATE- RIÁLY	16,6 /25/	1400
BRUSIVA	15 - 30	1500

Geometrie řezného břitu

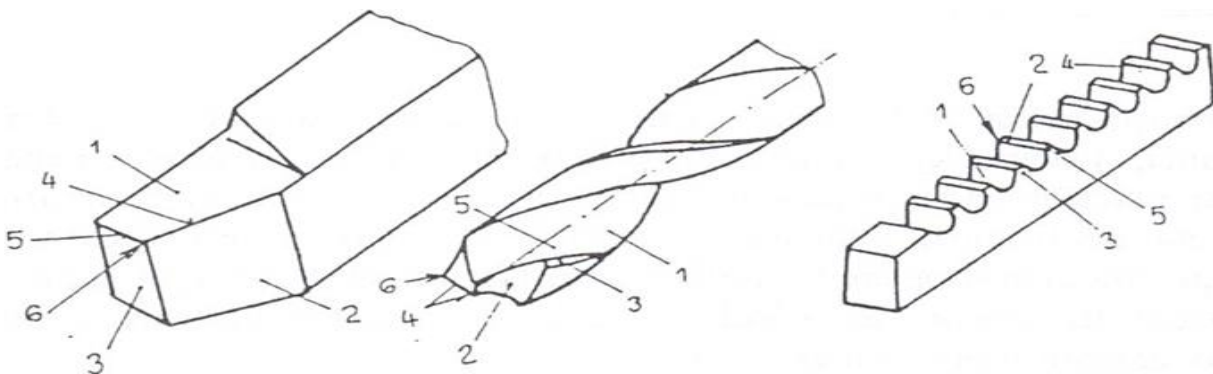
V obecné rovině pod pojmem obráběcí nástroj rozumíme nástroj, který se skládá z:

- řezný klín- tvořen čelem a hřbetem
- těleso nástroje - část nástroje, která slouží k upevnění řezní části nástroje
- nástrojový držák - část nástroje, která slouží k upevnění vnějším povrchem
- upínací otvor - část nástroje, která slouží k upevnění vnitřním povrchem
- os nástroje
- základna
- čelo A_y
- hlavní hřbet A_α
- vedlejší hřbet $A'\alpha$



Řezný klín

Řezný klín je ta část nástroje, která má schopnost vnikat do obráběného materiálu. Řezný klín tvoří různě orientovány plochy hřbetu a čela příp. Plochami vedlejšího hřbetu. Průnik čela a hřbetu tvoří hlavní řezní hranu a průnik čela a vedlejšího hřbetu tvoří vedlejší řeznou hranu. Průsečnice čelní plochy a hřbetových ploch jsou řezné hrany (ČSN 22 00 11 Řezné nástroje). V obecné rovině uvedené plochy mohou být šroubové, rovinné, válcové, kuželové apod. Plochy na různých typech nástrojů : 1-čelní plocha, 2- hlavní hřbetová plocha, 3- vedlejší hřbet, 4- hlavní řezná hrana, 5- vedlejší řezná hrana, 6- špička



Strojní obrábění

Obráběcí stroj opracovává polovýrobek do žádaného rozměru, tvaru a kvality povrchu. K zabezpečení obráběných ploch součástek, obráběcí stroj zabezpečuje vzájemné pohyby obrobku a nástroje.

Způsob obrábění je jedním z kritérií na dělení obráběcích strojů. Obráběcí stroje dělíme na typy:

- soustruhy
- frézky
- brousky
- vrtačky
- vyvrtávačky
- hoblovačky
- obrážečky
- protahovačky
- honovací stroje
- lapovací stroje
- superfinišovací stroje

6.5. Základní pohyby, plochy při obrábění a podmínky řezání

Na odříznutí třísky při strojním obrábění jsou potřebné tyto dva pohyby:

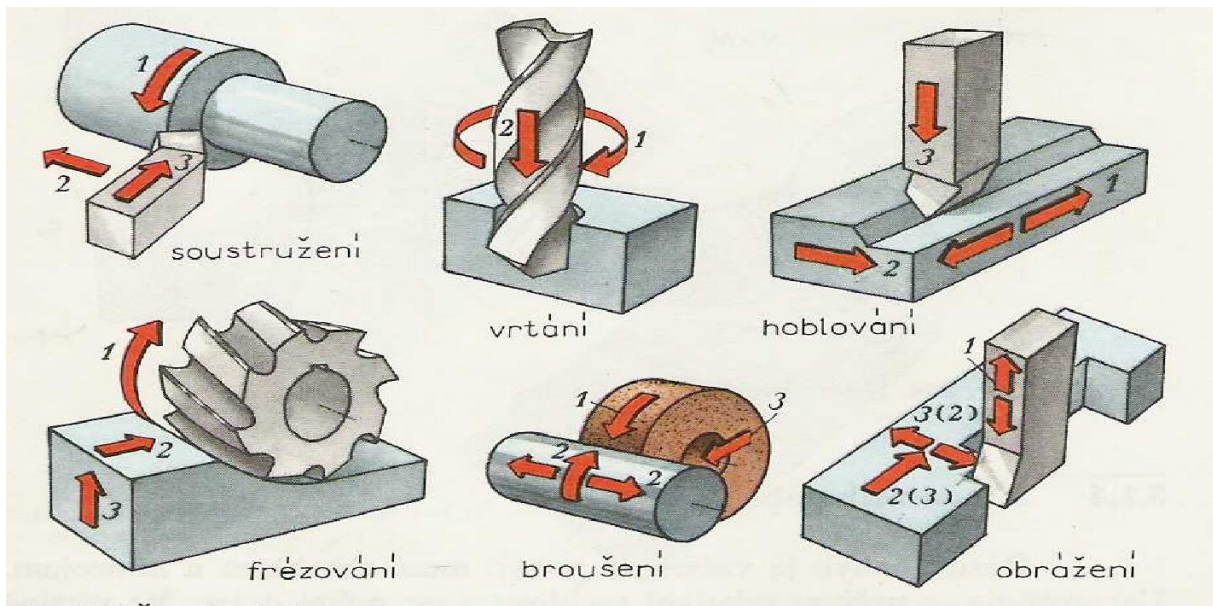
- hlavní řezný pohyb
- vedlejší řezný pohyb

Rozdělení obrábění podle hlavního řezného pohybu:

- rotační pohyb vykonává obrobek - soustružení
- rotační pohyb vykonává nástroj - vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování, frézování, broušení,

Řezání kotoučovou pilou

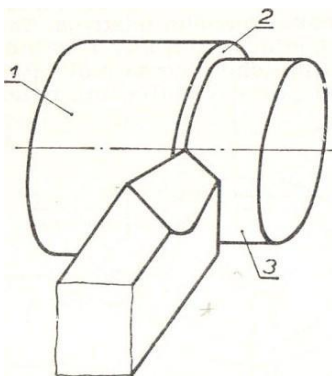
- přímočarý vratný pohyb vykonává obrobek – hoblování
- přímočarý vratný pohyb vykonává nástroj - obrázení, protlačování, protahování, řezání rámovou pilou, řezání pásovou pilou, pilování



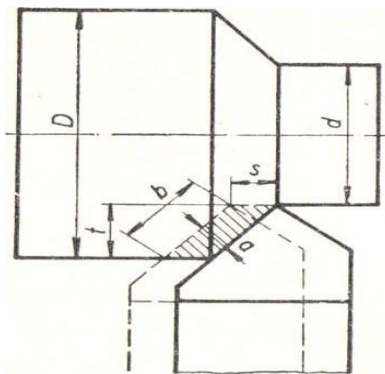
6.6. Základní plochy

Při vnikání řezného klínu do obrobku a posuvu vznikají tři základní plochy (obr. 7.26):

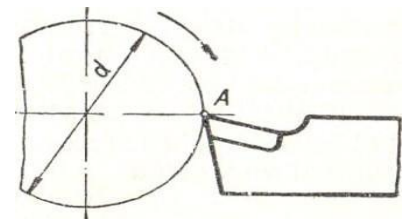
- obráběná plocha 1 – vzniká obráběním
- řezná plocha 2 – vzniká hned za řeznou hranou na součástce
- obrobená plocha 3 – vzniká obrobením



Základní plochy při obrábění



Rozměry průřezu třísky



Hlavní pohyb

6.7. Soustružení

Soustružení je nejrozšířenější technologická operace. Soustružením je možné obrábět vnitřní i vnější válcové plochy, kulové a obecné rotační plochy. Na soustruhách je možné vrtat, vyhrubovat, vystružovat, vyrábět vnější a vnitřní závity soustružnickými noži nebo pomocí závitníků.

Soustruh a jeho hlavní části

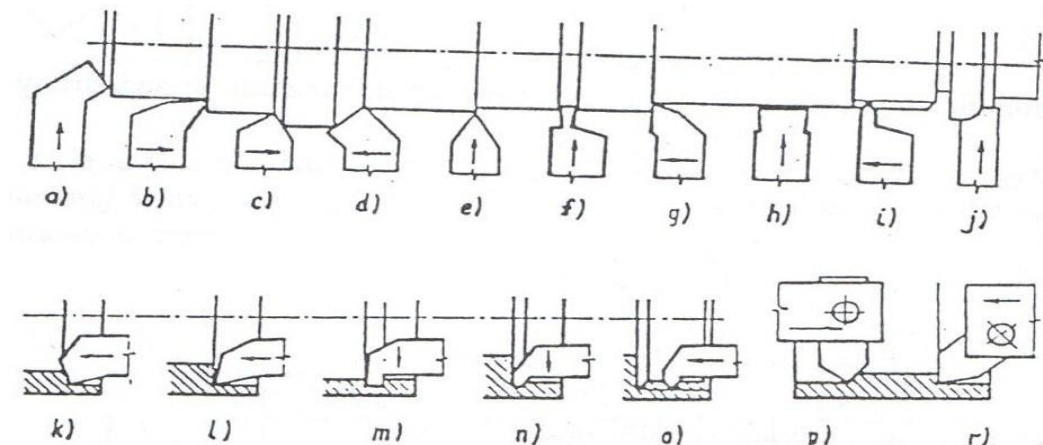


Rozdělení soustružnických strojů

Existuje mnoho typů soustruhů. Obecně je kategorizujeme podle ČSN 200200 na:

- hrotový
- revolverový
- čelní
- svislý
- poloautomatický
- automatický
- speciální soustruhy

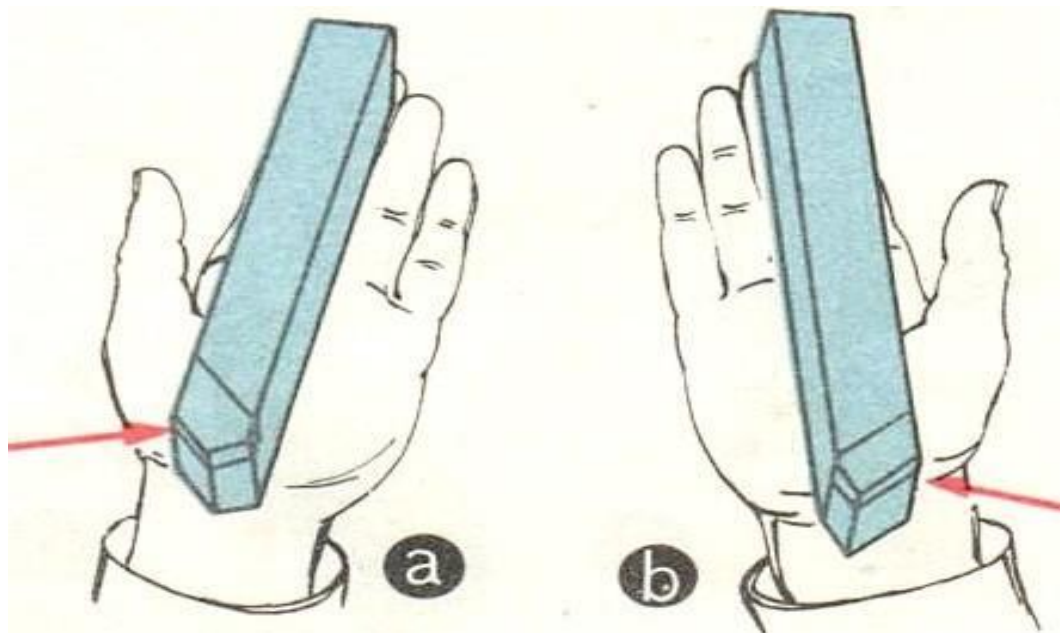
Základní typy soustružnických nožů a plochy s nimi vyrobitelné



a) vyhnutý ubírací levý, b) rohový levý, c) přímý ubírací levý, d) vyhnutý ubírací pravý, e) úzký hladící, f) zapichovací, g) stranový ubírací pravý, h) široký hladící – nabírací, i) závitový, j) rádiusový pravý, k) vnitřní ubírací pravý, l) vnitřní rohový, m, n) vnitřní zapichovací, o) vnitřní závitový, p) vnitřní přímý ubírací, r) vnitřní stranový ubírací

Určení pravého a levého nože

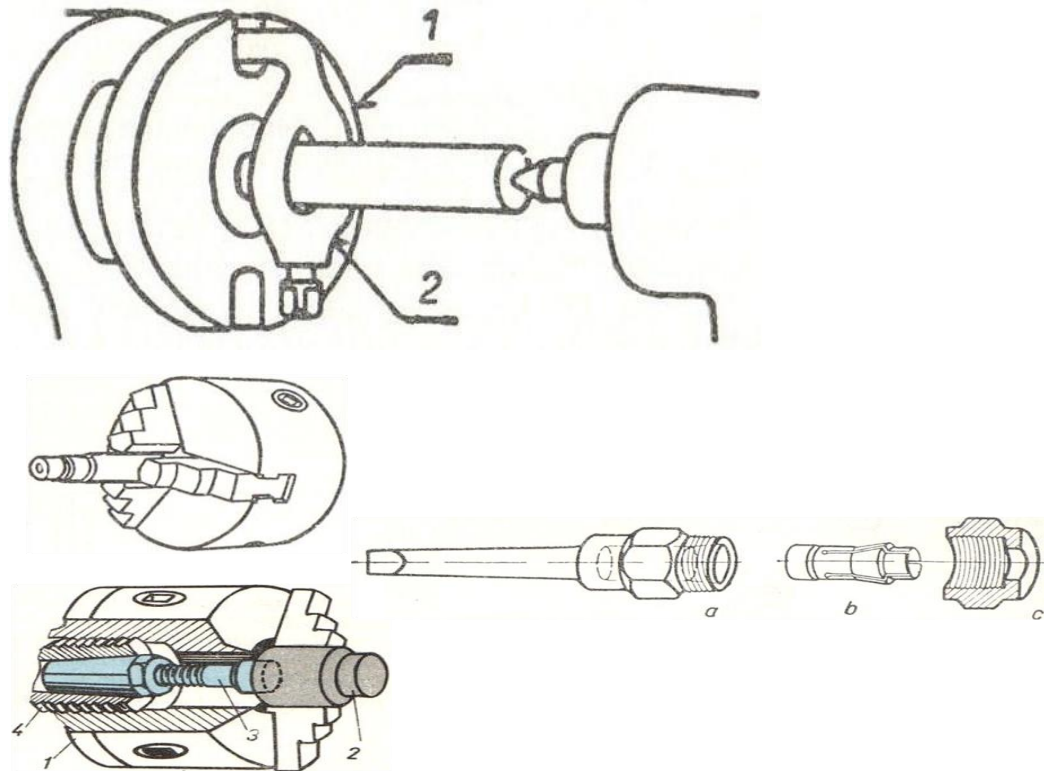
Při práci soustružník používá pravý anebo levý nůž. *Pravý nůž* soustruží při podélném posuvu od koníka k vřeteníku a *levý nůž* směrem od vřeteníku ke koníku. Směr nože se určuje podle toho, kam směřuje hlavní ostří nože položeného ložní plochou na dlaní ruky, přičemž jeho hrot směřuje na tělo soustružníka



Upínání obrobků při soustružení

Obecně rozeznáváme dva základní způsoby upnutí:

- letmý – bez podepření
- s podporou koníku (sklíčidlo a hrot, mezi hroty)



6.8. Frézování

Hlavní řezný pohyb je rotační a vykonává ho fréza. Vedlejší pohyb je posuvný a je vykonáván obrobkem. Použitým nástrojem je fréza. Je to více klínový rotační nástroj.

Výsledný řezný pohyb zubů nástroje je po dráze zkrácené cykloidy. Rychlost hlavního řezného pohybu – řezní rychlost (v_c) vypočteme dle vzorce

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Kde:

D – průměr frézy

n – otáčky frézy za min

v_c – řezná rychlost

Rychlost posuvu při frézování vypočteme dle vztahu

$$v_c = f_z \cdot z \cdot n = f \cdot n \quad [\text{mm/min}]$$

Kde:

f_z - posuv na zub

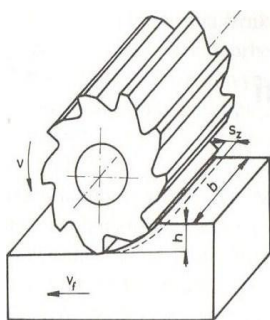
f - posuv na otáčku

z - počet zubů

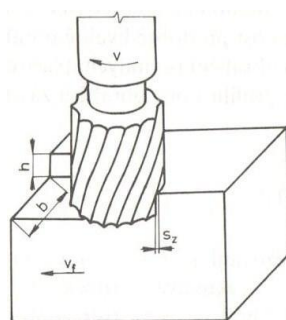
n - otáčky

Podle polohy osy nástroje k obráběné ploše rozlišujeme frézování

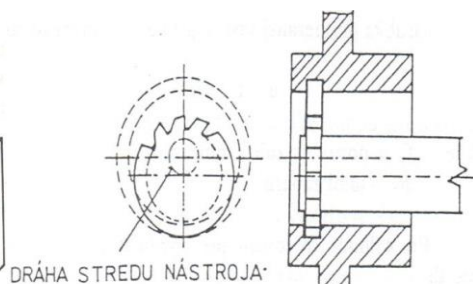
- **válcové frézování** – jehož osa je rovnoběžná s obráběnou plochou a hloubka řezu se nastavuje v rovině kolmé na osu frézy
- **čelní frézování** – jehož osa je kolmá na obráběnou plochu, hloubka řezu je nastavována ve směru osy nástroje
- **okružovací frézování** – osa nástroje a obrobku jsou obvykle vzájemně skloněné a hloubka řezu se nastavuje ve směru kolmém na osu obrobku
- **planetové frézování** - obr. 7.5



válcové

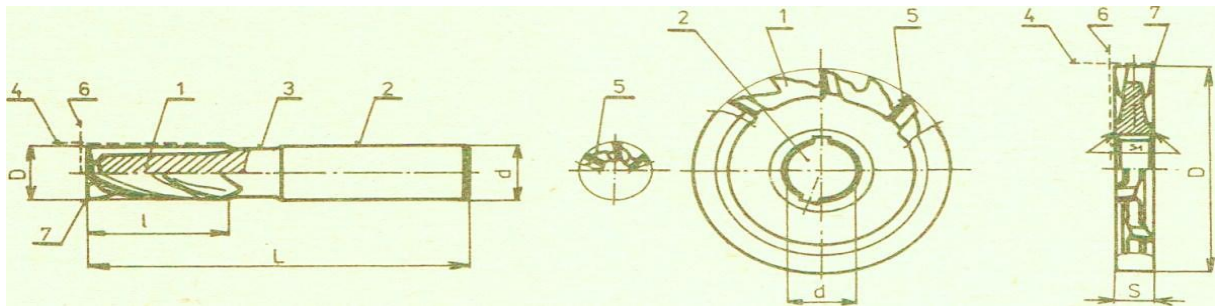


čelní



planetové

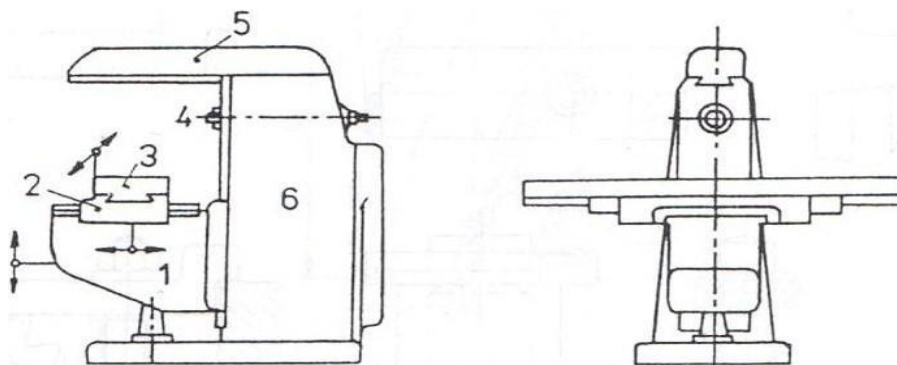
Nástroje používané při frézování



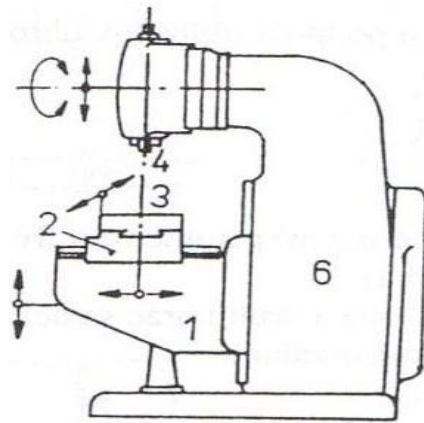
	Základní rozměry		Základní části
D	Průměr frézy	1	Řezná část nástroje
l	Délka řezné hrany	2	Upínací část
L	Celková délka frézy	3	Krček
S	Šířka řezné hrany frézy	4	Hlavní řezná hrana
S ₁	Upínací šířka	5	Vedlejší řezná hrana
		6	Čelo frézy
		7	Hrot zubu

Frézovací stroje (frézky)

Frézky se vyrábějí ve velkém množství modelů a velikostí s různými maximálními výkony. Lze je rozdělit do čtyř základních skupin: *konzolové, stolové, rovinné a speciální*. Zvláštní kategorií jsou frézky na *závity* a frézky na *ozubení*.



Konzolová frézka vodorovná



Konzolová frézka svislá

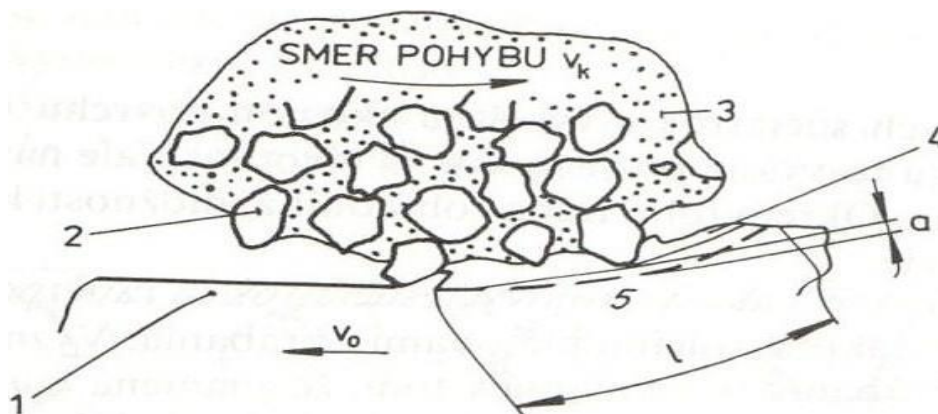
1-konzole, 2-příčné saně, 3-pozdržní stůl, 4-vřeteno, 5-rameno, 6-stojan

6.9. Broušení

Broušení je třískové dělení materiálu s více řeznými klíny vytvořenými zrny brusiva. Zrny brusiva jsou v nástroji upevněny pojivem tak, že nástroj vykazuje pórovitou strukturu. Charakteristické je nepravidelné rozmístění řezných klínů (brusných zrn), které mají navíc náhodnou orientaci a náhodnou geometrii. Zvláštností broušení je, že proces se děje za účasti velkého množství relativně malých zrn v krátkých úsecích. Tříška se odřízne v relativně krátkém časovém úseku cca 0,001 sekundy. Zpravidla větší část tohoto časového úseku je potřeba na plastickou deformaci stlačení a nahnutím materiálu před řezným klínem. Vzhledem k vysoké řezní rychlosti a značné deformaci odebírané vrstvy materiálu vzniká teplota v místě řezu 1200 - 1500°C.

Činnost zrn brusného kotouče v průběhu procesu

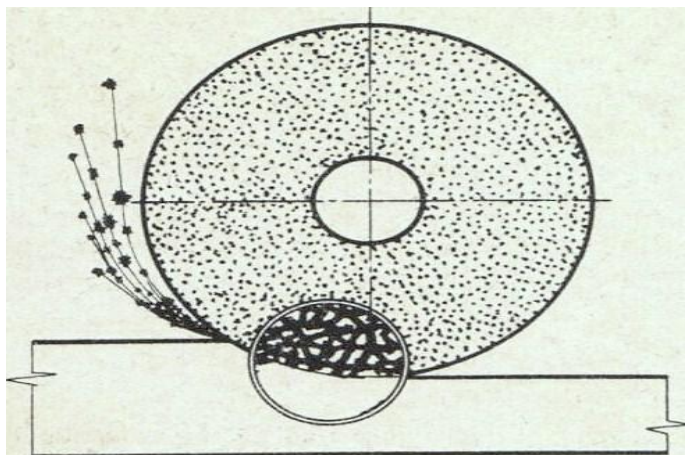
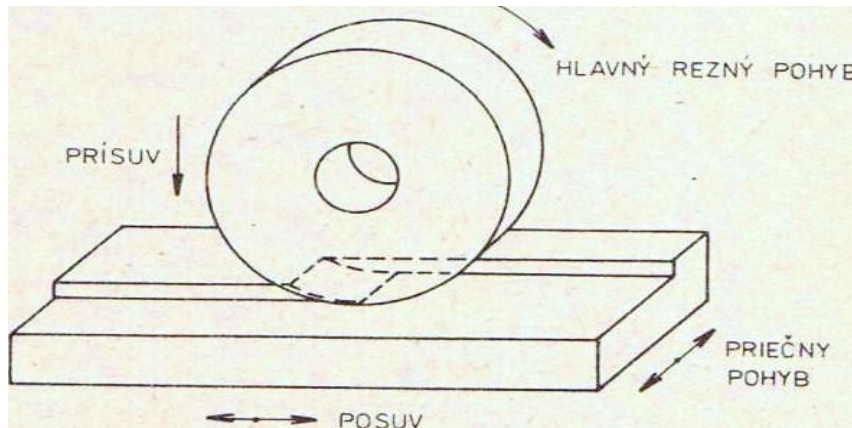
Podstatou každé metody broušení je úběr brusným zrnem jako efekt účinků brusného zrna na obráběný materiál. Jedná se o vazbu brusné zrna a materiál obrobku.



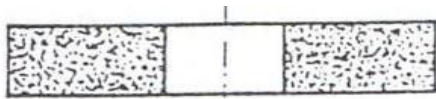
1-obrobek, 2-brusní zrna, 3-pojivo, 4-odřezávaný materiál, 5-prostor na třísku,

v_k -obvodová rychlost kotouče, a -hloubka, odřezávané vrstvy, v_o -obvodová rychlost kotouče

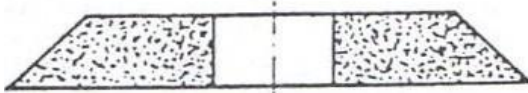
Hlavní a vedlejší pohyby a činnost kotouče při broušení



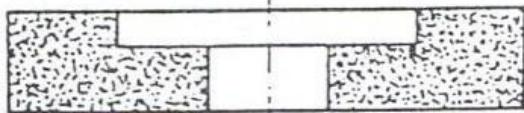
Tvary brusných kotoučů



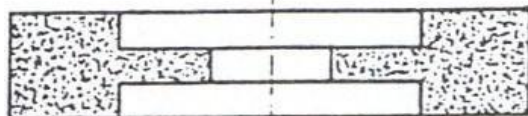
plochý brusný kotouč



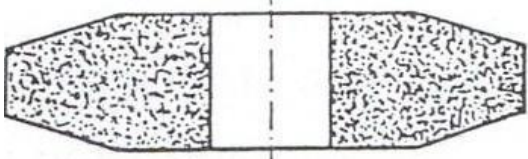
brusný kotouč jednostranně skosený



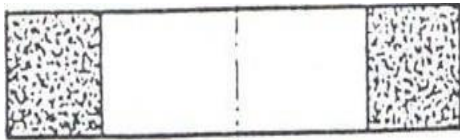
brusný kotouč s jednostranným vybráním



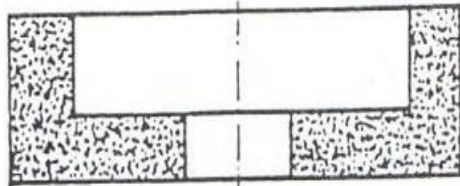
brusný kotouč s oboustranným vybráním



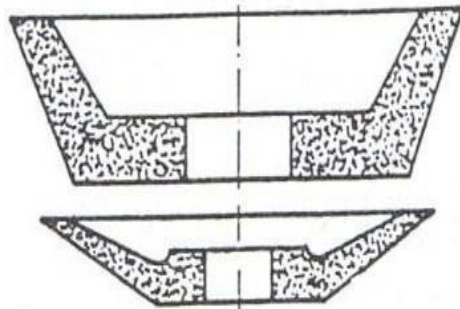
e) brusný kotouč oboustranně kuželový



f) prstencový brusný kotouč



g) hrncový brusný kotouč,



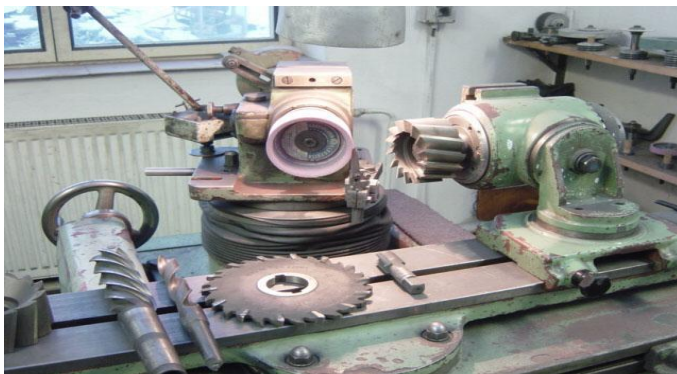
h) miskový brusný kotouč,

Klasifikace brousících strojů

Podle účelu a způsobu práce dělíme brousící stroje na:

- hrotové
- bezhrtové
- na otvory (díry)
- rovinné
- nástrojařské
- planpararelní

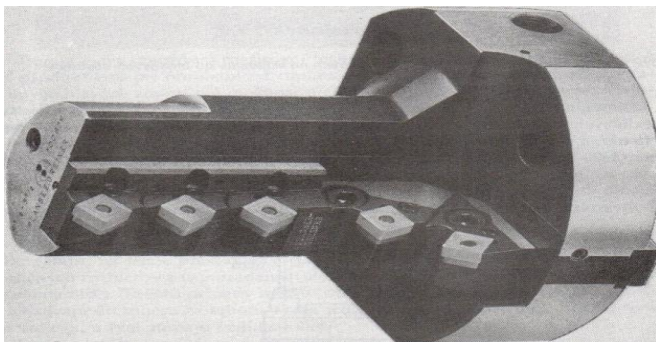
Nástrojařská bruska



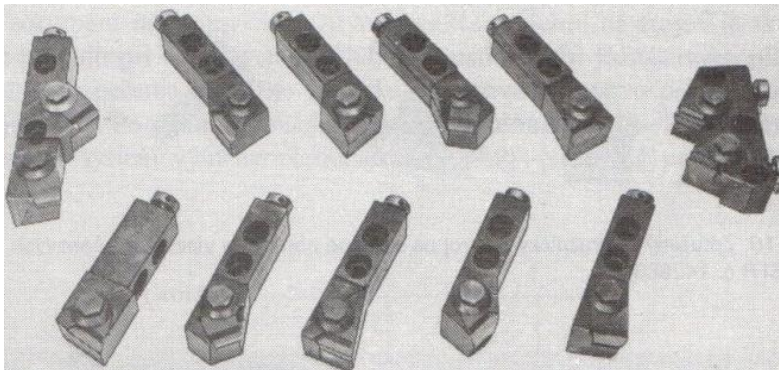
Nástrojové vybavení automatizovaného výrobního systému

Systém nástrojového vybavení je jedním z faktorů, který podmiňuje provozní spolehlivost automatizovaných výrobních systémů. Spolehlivé a vysokovýkonné řezné nástroje jsou předpokladem pro efektivní i stabilní provoz automatizovaného výrobního systému. Řezné nástroje na základě analýzy existujících systému je možné rozdělit na:

- normalizované,
- kombinované,
- nástrojové hlavy
- víceřetenové hlavy
- speciální řezné nástroje.



Sdružený blokový nástroj určených pro skladní do blokových nástrojů



Soustava nožových držáků s povlakovanými řeznými plotničkami

7. TECHNOLOGIE MONTÁŽE A OPRAV

Montáž je vytváření pevných nebo pohyblivých spojů mezi tuhými součástkami, ale i mezi dávkami kapalin a plynů. Montáž vytváří závěrečný proces výrobního systému. Výrobním systémem můžeme chápat výrobní podnik. Potom montážní systém je jen jeden podsystém výrobního systému.

Rozhodující prvky montážního podsystému

- montážní výrobek
- montážní technika
- montážní technologie (způsoby vytváření spojů požadované funkce)
- člověk v montáži
- informační systém
- energetický systém

Základní aktivity montáže

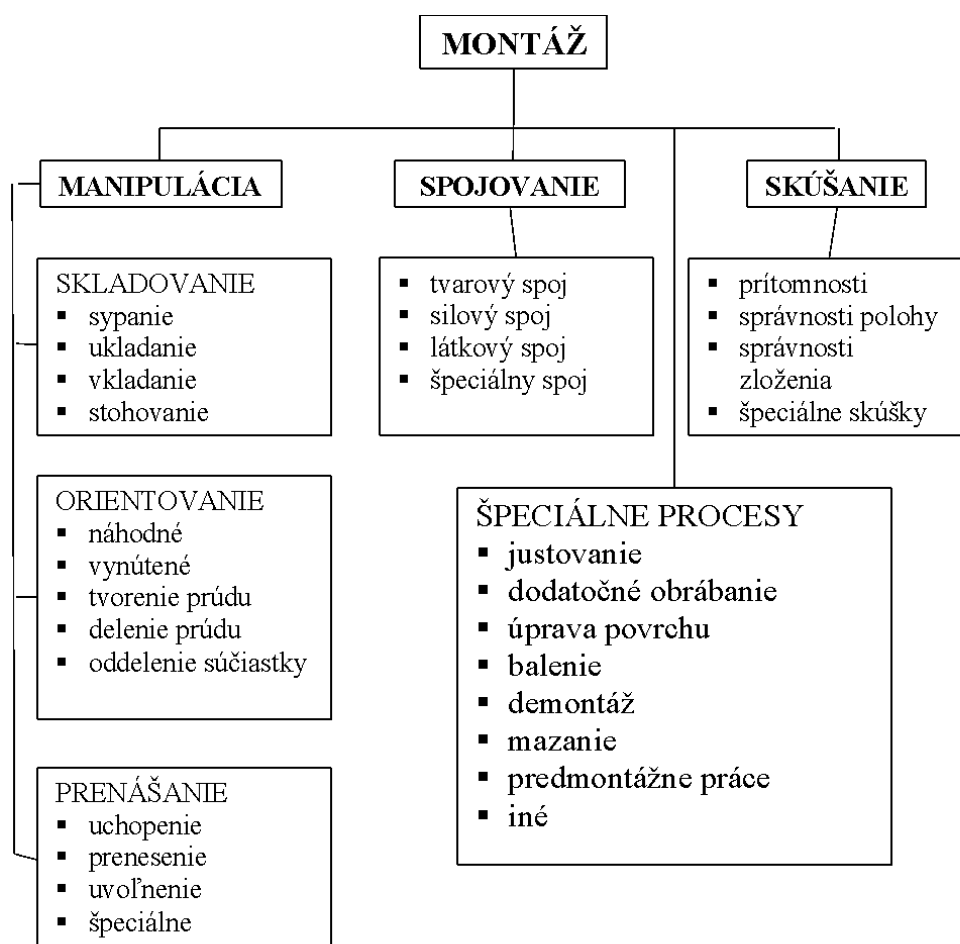
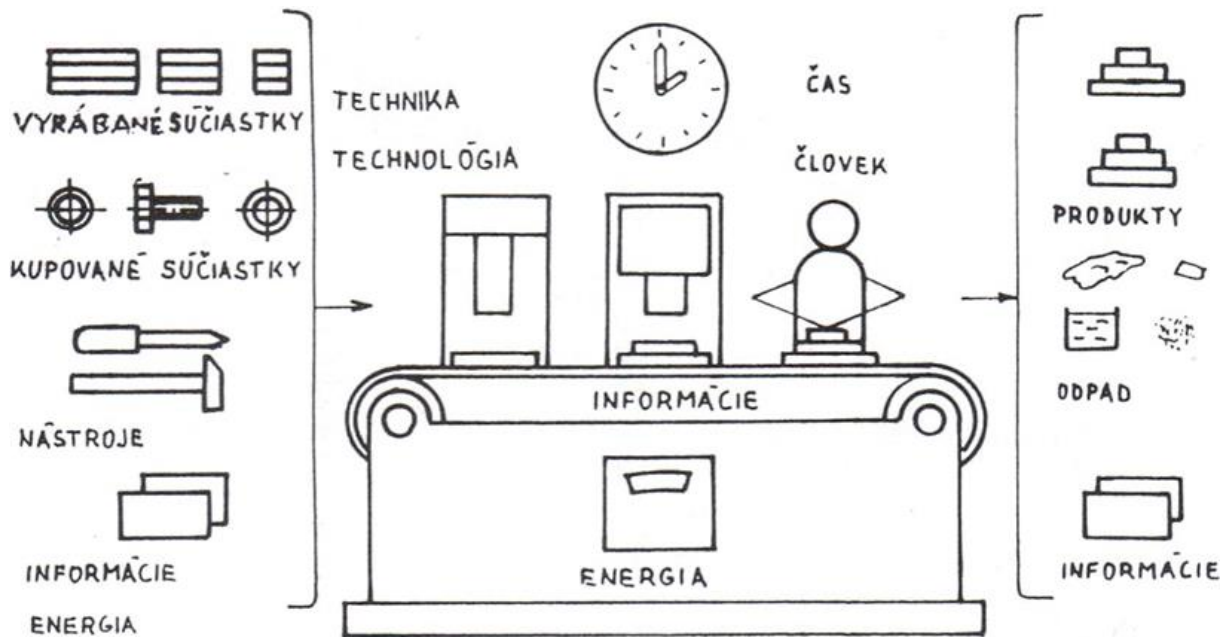
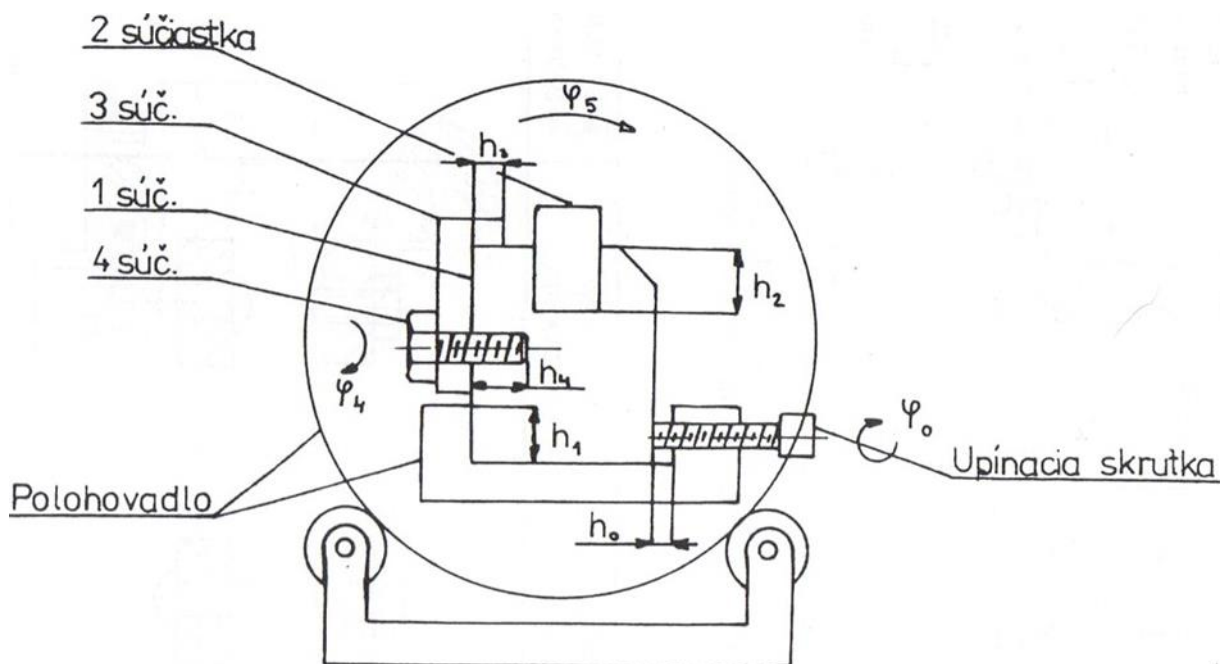


Schéma všeobecného montážního systému



Představa mont. procesu pro hodnoceni technologičnosti konstrukce z hlediska montáže



Základy montážních prací

- Kontrola tvaru a polohy
- skrutkové spoje
- Spojovací kolíky, klíny a perá
- Kluzné ložiska

- Valivé ložiska
- Součástky k přenosu otáčivého pohybu
- Mechanizmy na změnu pohybu

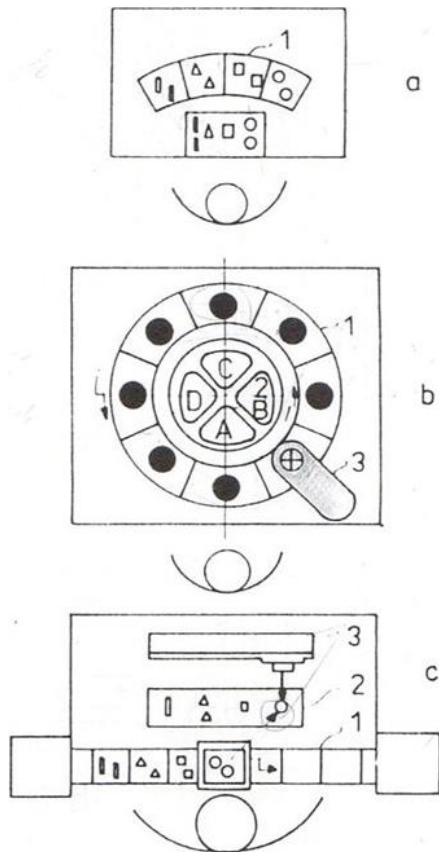
7.1. Montážní pracoviště

Montážní pracoviště je pojem pro vymezený prostor s příslušným technickým vybavením. Vybavení pracoviště je určeno pro ruční, mechanizovanou nebo částečně automatizovanou montáž, kterou zabezpečuje jedna nebo víc osob.

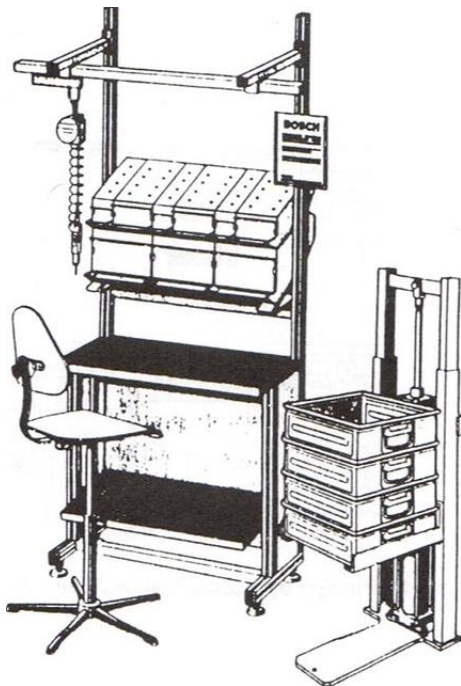
Typizované části montážního pracoviště

- Montážní stůl
- Stolička
- Podnožka – je to přestavitelná opěrka chodidel
- Motorické nářadí zavěšené na konzole pomocí vyvažovačů
- Krabicové zásobníky
- Místní osvětlení
- Opěrka ramen a předloktí

Montážní pracoviště



Lehké stolové montážní pracoviště firmy BOSCH



na montážních pracovištích je i montážní technika

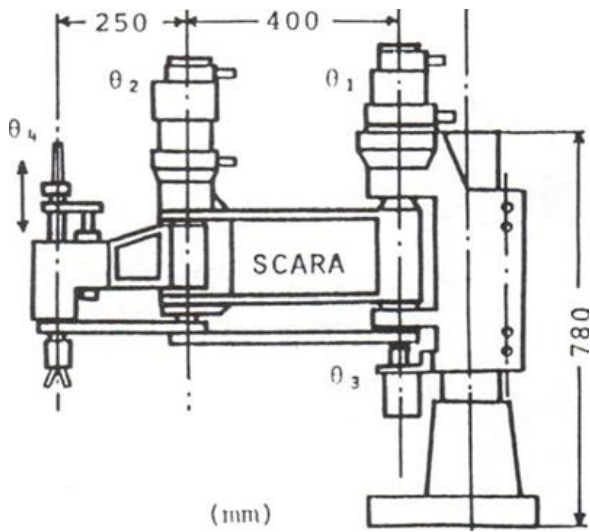
- základní jednotky demontážních zařízení,
- základní jednotky montážních zařízení,
- základní jednotky pro individuální pracoviště,
- základní jednotky pro montážní stroje a linky,
- ručně ovládané (přenášené) zařízení,
- ručně montážní zařízení,
- strojové montážní zařízení,
- montážní linky,
- stacionární stavebné jednotky

7.2. Robotická montáž

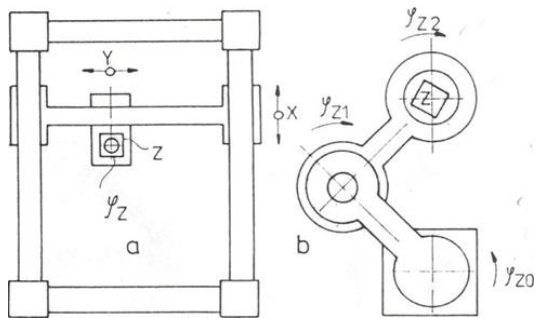
Roboty všeobecně považujeme za volně programovatelné zařízení. Má tři a víc stupňů volnosti. Tyto jsou konstruované v jednom zařízení.

- Portálový robot pracuje ve třech kartézských souřadnicích.
- Robot s pravoúhlým pracovním prostorem
- V sporu o tom, která z uvedených struktur je pro montáž výhodnější, se uvádějí tyto argumenty (Valentovič, 2001):
- Sloup v systému SCARA brání v přístupnosti k montovanému výrobku ze strany sloupu
- Paleta se součástkami i montovaný výrobek jsou kótované v kartézském systému, programování kartézského robota nevyžaduje přepočty.
- Přesnost polohování při „vystřené“ robotu SCARA je menší jako při „zabaleném“, přesnost kartézského robota je přibližně stejná v celém pracovním poli.
- Všeobecně jsou rotační dvojice robotů SCARA jednodušší, lačnější a méně hmotné jako lineární dvojice kartézských robotů, při kterých hlavně portálový suport při jeho vyšším rozpětí představuje značný problém z hlediska minimalizace hmotnosti a chyb v přesnosti.

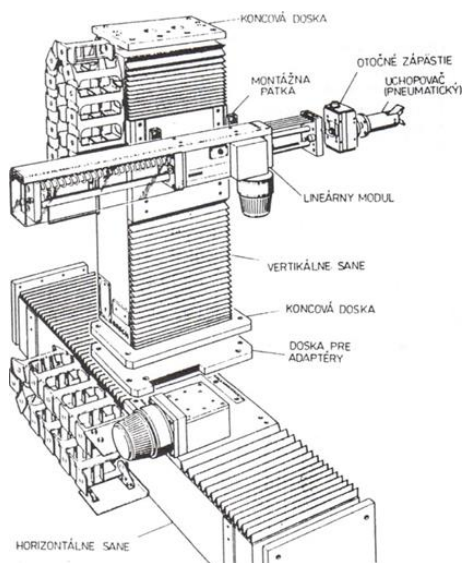
První prototyp robota SCARA



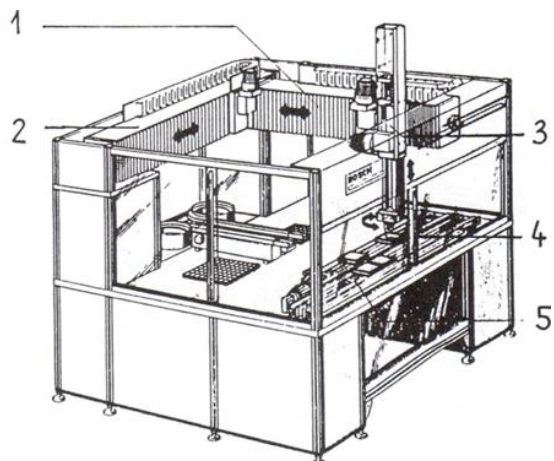
Montážní roboty



Robot s pravoúhlým prostorem (BOSCH)



Robotické centrum (BOSCH) s vibračním podávatelem součástek a s dopravníkem unášecem



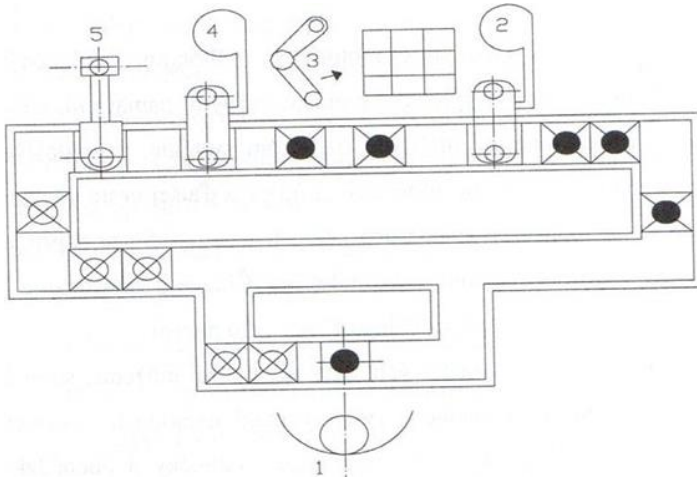
7.3. Architektura robotické montážní techniky

- Montážní pracoviště s jedním univerzálním robotem
- Robot jako stanice synchronní anebo asynchronní linky
- Pracoviště jako mini linka s dvěma roboti
- Flexibilní montážní linka s cirkulujícími nosiči
- Montážní linka SMASH
- Jedno technologické robotické systémy

Automatické montážní systémy

- Asynchronní stroje složené z automatických montážních linek vznikají tam, kde můžeme automatizovat činnosti.
- Asynchronní linky - výrobky se mohou pohybovat v lince bez unášče tj., že má rovnou základnu pro unášení. Základní část plní funkci i unášče.

Schéma linky asynchronních montážních systémů



Alternativní je i práce člověka (1), roboty (3), montážní stanice (2), vykládací manipulátory (5)

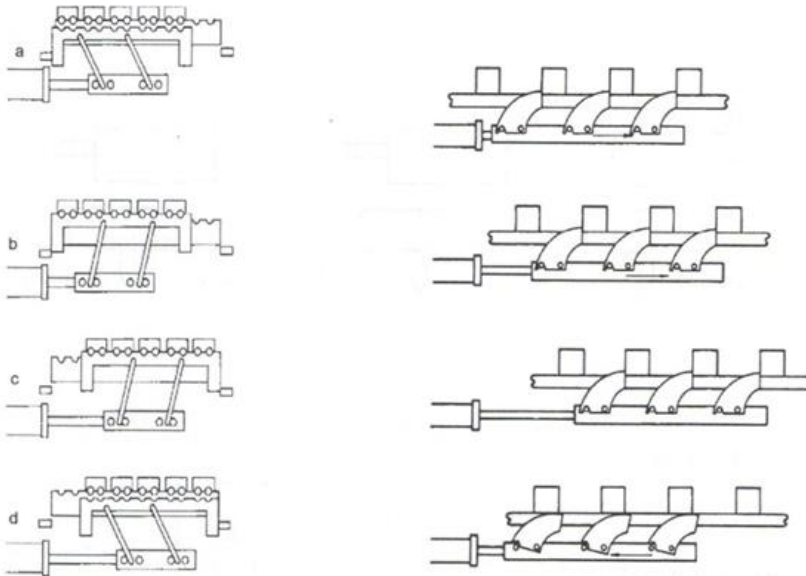
Synchronní montážní stroje jsou stavěné jako více stanicové stroje, obvyčejné automaty, pro které platí:

- mezi dopravním médiem a technologickým nosičem je pevná vazba, nosič s upínačem částečně zmontovaného výrobku se pohybuje současně s médiem,
- všechny nosiče připravené na dopravním médiu se pohybují synchronně. Synchronnost je paralelnost v čase, současnost,
- všechny pracovní stanice pracují synchronně. Do pracovního cyklu vystartují jejich pracovní orgány současně a po jeho skončení se vracejí do východiskové polohy. Čas cyklu jednotlivých pracovních stanic je stejný, ale částečné cykly uvnitř celkového cyklu nemusí být stejné, návrat pracovních orgánů do východiskové polohy už nemusí být současný,
- v synchronních strojích se pravidelně střídá současná práce na všech pracovních stanicích se současným přesunem montovaných výrobků z každé předchozí na následovní pracovní stanici.

Klasifikace synchronních strojů na:

- přímočaré, vrtané přímočarých částí uzavřených okruhů, přímočarých částí stro-
movitých okruhů,
- kruhové, vrtané uzavřených obvodů, nejenom kruhového, ale i jakéhokoli, např..
oválného, mnohoúhelníkového, nejčastěji čtyřúhelníkového tvaru

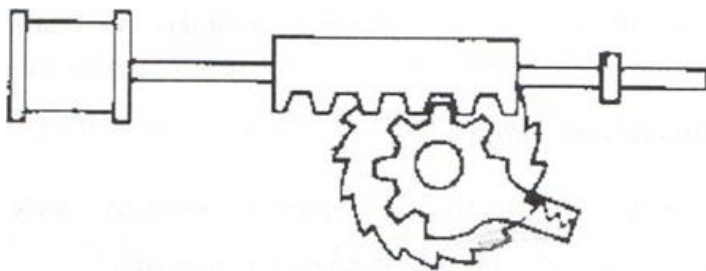
Přepojení pohonů na mechanizmy



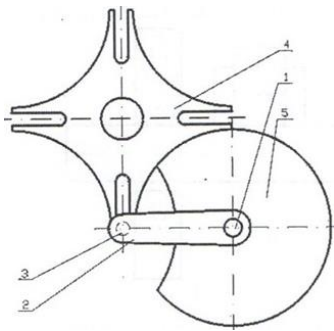
Přenášecí tyč

Tyč se západkami

Tyč s ozubeným hřebenem



Klasický maltézský mechanizmus

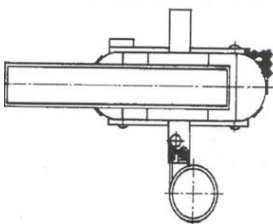
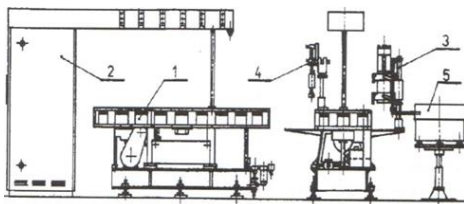


Technologické systémy synchronních automatů se rozdělují zpravidla na:

- stroje s centrálním pohonem jednotek
- stroje s individuálním pohonem jednotek

Přímočarý synchronní automat

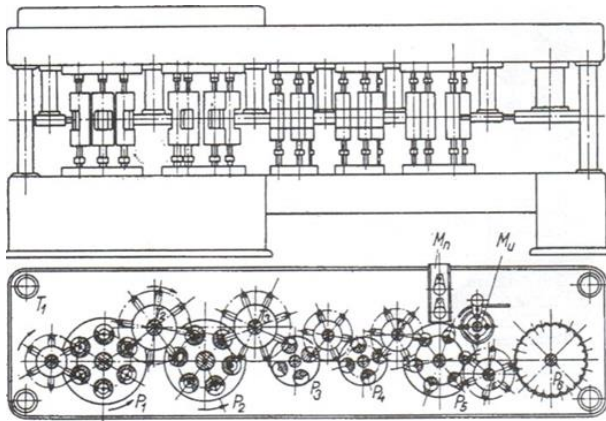
1-dopravní mezioperační jednotka pro MPAX 10, 2-řídící jednotka, 3-technologické jednotky, 4-kontrolní jednotky, 5-zásobníky



Kontinuální stroje

- montážní zařízení pro finální montáž automobilů
- rotorové montážní stroje

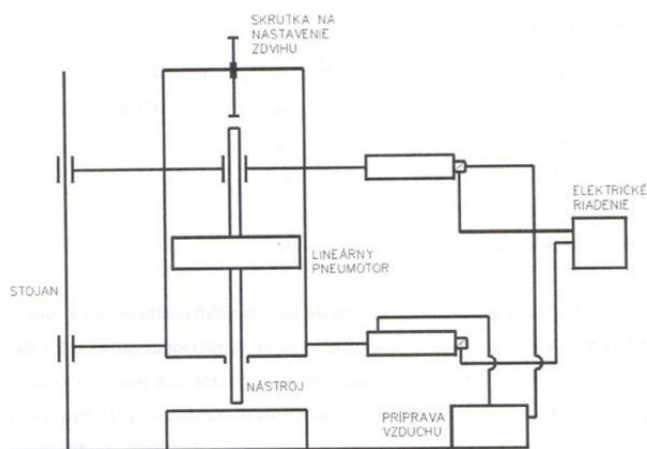
Základní jednotka rotorového stroje s pracovními P a dopravními D rotory



7.4. Spájecí zařízení

Montážní lisy – využíváme na zhotovení tvárněných a nalisovaných spojů a na všeobecné lisování a tvárnění. Nejčastější používané mechanismy v montážních lisech jsou hydraulické, pneumatické, pneumaticko-hydraulické, pneumaticko-mechanické a mechanické s odvalováním nástroje.

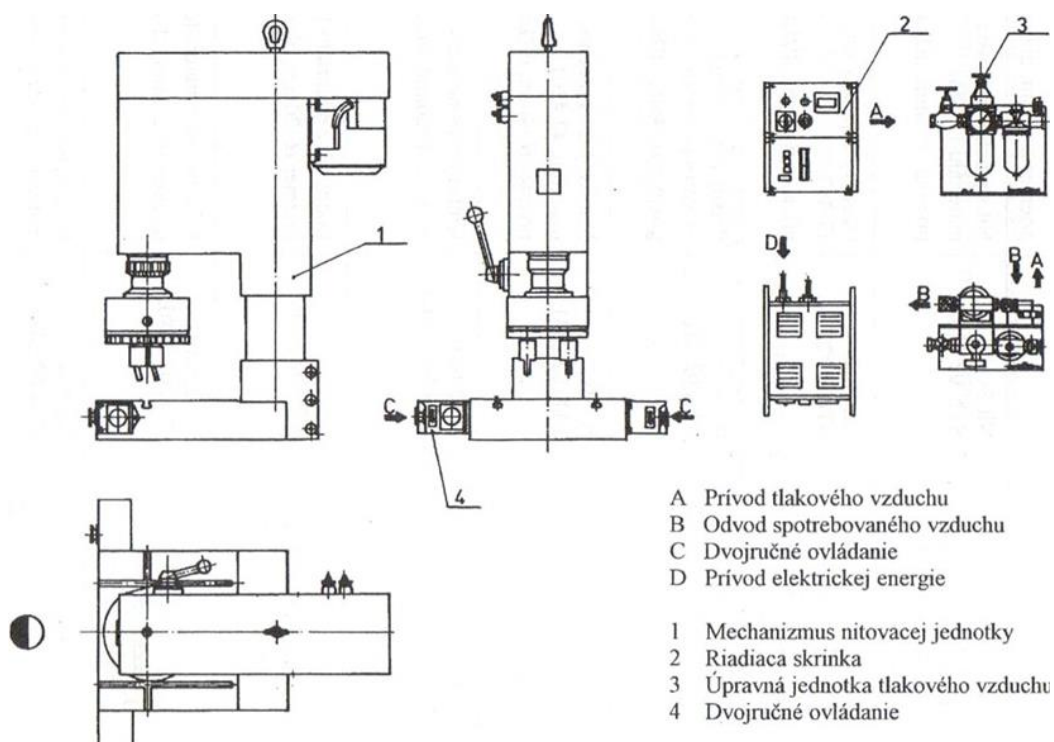
Pneumatický montážní list



Nýtovací zařízení – slouží na vytvoření nerozebíratelného nýtového spoje.

Nýty můžeme rozdělit:

- podle vzájemné polohy na jedno a dvojstranné
- podle druhu nýtů s dutým dříkem, plným dříkem a speciální
- podle konstrukční úpravy na přímé a nepřímé

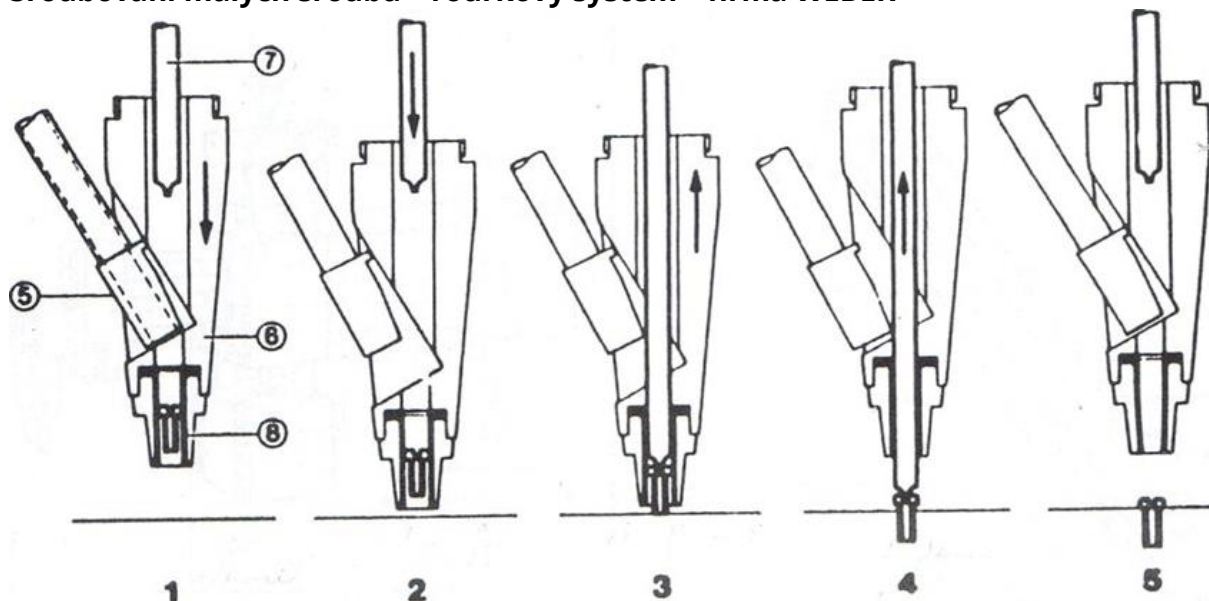


šroubovací zařízení – šroubové spoje jsou rozebíratelné montážní spoje. Základem je šroub a dále matice podložky různých typů.

Šrouby a matice klasifikujeme na šrouby připevňovací, spojovací, hnací, pohybové a šrouby speciální (nastavovací, rozpěrací a pod.). Závity jsou pravé a levé. Nejčastěji se používají pravé závity.

Při montáži se používají šroubovací zařízení, mezi které řadíme technické prostředky na ruční šroubování, skrutkovače, momentové skrutkovače, montážní klíče, momentové klíče a motorické ruční skrutkovačky.

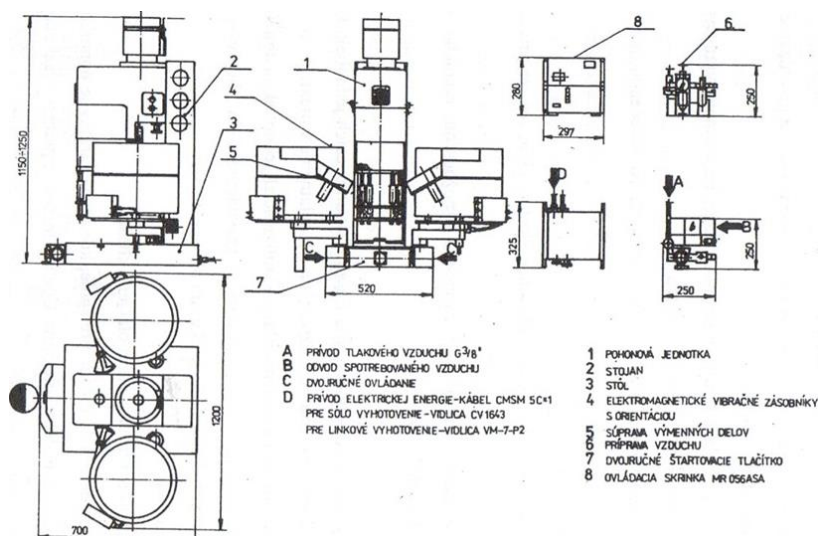
Šroubování malých šroubů - rourkový systém - firma WEBER



Při šroubování je zachováný následující postup:

- 1 - hlavice k výrobku - šroub vpadne do hlavice 2 - nástroj k výrobku
 3 - šroubování 4 - hlavice nahoru - nezašroubovány šroub je vytlačen z hlavice
 5 - nástroj nahoru

Šroubovací jednotka



7.5. Opravy techniky, strojů a zařízení

Současná kvalitativně nová technika, stroje a zařízení nám umožňují s použitím diagnostických prostředků poměrně rychle zjistit poruchu a zabezpečit její odstranění. Poruchu je možné odstranit opravou stávajících součástí, výměnou těchto součástí anebo výměnou celých skupin anebo podskupin projevujících poruchu.

Příčiny poruch podle potřeby můžeme rozdělit na vnitřní a vnější.

- Vnitřní příčiny vzniku poruch jsou způsobované nevhodnými tvary, vlastnostmi a odolnostmi materiálu, techniky, strojů a zařízení.
- Vznik vnitřních poruch:
 - Konstrukční – materiál (složení, vlastnosti), pracovní režim (chlazení, mazání), povrchová ochrana, kontrolní místa (diagnostika)
 - stárnutí
 - technologické – záměna materiálu, kvalita materiálu (vady), nedodržená technologie, nedodržený pracovní režim

Vznik vnějších poruch

- Opotřebení – abrazivní, adhezní, erozivní, kavitační, únavové, vibrační, vypálení
- nadměrné zatížení – neznalost technických podmínek, nedbalost při plnění technických podmínek výrobce
- mechanické poškození – nárazy, pády, havárie, nedodržení podmínek montáže, údržby a oprav
- zásahy elektrickým proudem – elektrický srkat, zásah blesku, neodborná manipulace
- požáre – následek některých poruch, (nadměrné tření brzd, nárazy, havárie, dopravné nehody)
- koroze – atmosférická, biologická, chemická, elektrochemická